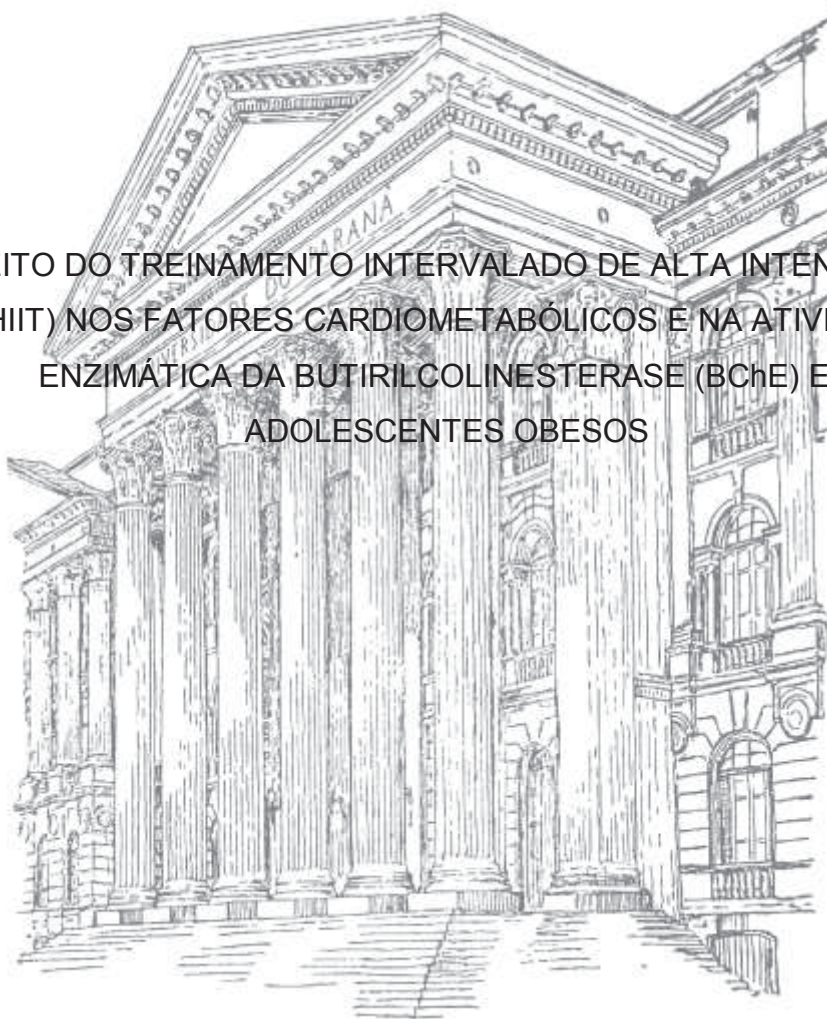


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JULIANA PIZZI

EFEITO DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE
(HIIT) NOS FATORES CARDIOMETABÓLICOS E NA ATIVIDADE
ENZIMÁTICA DA BUTIRILCOLINESTERASE (BChE) EM
ADOLESCENTES OBESOS



CURITIBA

2017

JULIANA PIZZI

EFEITO DO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE
(HIIT) NOS FATORES CARDIOMETABÓLICOS E NA ATIVIDADE
ENZIMÁTICA DA BUTIRILCOLINESTERASE (BChE) EM
ADOLESCENTES OBESOS

Tese apresentada como requisito parcial para a
obtenção do Título de Doutor em Educação Física
do Programa de Pós-Graduação em Educação
Física, do Setor de Ciências Biológicas da
Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a Dra. Neiva Leite
Co-Orientadora: Prof^a Dra. Lupe Furtado-Ale

CURITIBA

2017

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.
Biblioteca de Ciências Biológicas.
(Telma Terezinha Stresser de Assis –CRB/9-944)

Pizzi, Juliana

Efeito do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) nos fatores cardiometabólicos e na atividade enzimática da butirilcolinesterase (BchE) em adolescentes obesos. / Juliana Pizzi. – Curitiba, 2017.

105 p.: il. ; 30cm.

Orientadora: Neiva Leite

Co-orientadora: Lupe Furtado Alle

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

1. Obesidade. 2. Metabolismo. 3. Adolescentes. 4. Butirilcolinesterase. I. Título. II. Leite, Neiva. III. Alle, Lupe Furtado. IV. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

CDD (20. ed.) 613.71



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Setor de Ciências Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Educação Física



TERMO DE APROVAÇÃO


JULIANA PIZZI

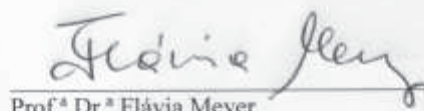
“Efeito do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) nos fatores cardiometabólicos e na atividade enzimática da butirilcolinesterase (BChE) em adolescentes obesos”

Tese aprovada no rito de defesa como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Educação Física; Área de Concentração: Exercício e Esporte; Linha de Pesquisa: Atividade Física e Saúde; do Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Banca Examinadora:


Prof.ª Dr.ª Neiva Leite
Presidente / Orientadora


Prof. Dr. Paulo Cesar Barauce Bento
Membro Interno


Prof.ª Dr.ª Crisiele Maria Tomeleri Cogo
Membro Externo


Prof.ª Dr.ª Flávia Meyer
Membro Externo


Prof.ª Dr.ª Luciane Viater Tureck
Membro Externo

Curitiba, 07 de Julho de 2017.

Dedico esta tese as pessoas que conviveram comigo durante este período da minha vida acadêmica e pessoal auxiliando direta e indiretamente na construção deste documento.

Em especial, aos meus pais e a minha irmã que me apoiaram incondicionalmente para que eu concluísse esta formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por estar me guiando em caminho de conquistas e realizações.

Aos meus pais pela educação e pelos estudos que puderem me oferecer sem medir esforços físicos, psicológicos e financeiros.

A minha irmã e meu cunhado pela colaboração e amizade nos momentos críticos da minha vida.

Ao meu noivo pela compreensão e paciência nos momentos de tensão e ansiedades que este período da vida causa.

Aos meus colegas e amigos de pós-graduação, pelo apoio, pela amizade e por tornarem esse caminho mais fácil e alegre.

A colega Professora Duda Schiavoni pelo companheirismo durante este projeto e na minha vida acadêmica sempre pronta para trabalhar.

Aos colegas do Núcleo de Qualidade de Vida por tornar os meus dias em Curitiba mais divertidos.

Ao meu coordenador Professor Roberto Carlos Gilini pela confiança e apoio incondicional nas horas que precisarei me dedicar aos estudos.

Ao meu sócio Roberto Macari Junior pela colaboração em administrar a nossa empresa neste período que me ausentei.

A UNIPAR por permitir a realização deste Projeto na própria instituição e pelo auxílio com alguns gastos para que a pesquisa fosse possível.

Aos alunos de graduação, pelo auxílio na coleta de dados e aplicação dos treinos.

A minha orientadora Professora Dra Neiva Leite pela enorme ajuda, compreensão e muita paciência nestes anos de trabalho, pela dedicação e profissionalismo que eu admiro. Pelos aconselhamentos pessoais e acadêmicos, em momentos delicados da minha vida e decisivos na minha carreira acadêmica. Por estar sempre pronta para me orientar e acreditar na minha competência como pesquisadora. Muito obrigado.

A minha co-orientadora Professora Dra. Lupe Furtado Alle pela oportunidade e livre acesso ao Laboratório de Polimorfismos e as orientações em especial.

Ao Professor Dr. André Rodacki por permitir a utilização do aparelho de ultrassom.

Aos Professores da banca de avaliação pela disposição e comprometimento com o aperfeiçoamento desta pesquisa.

Ao secretário Rodrigo por toda ajuda e gentileza nas informações e esclarecimento do processo burocrático.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram a conquistar esta vitória.

RESUMO

A obesidade está associada aos fatores de risco cardiometabólicos na população infantojuvenil, como as dislipidemias e a maior atividade da enzima butirilcolinesterase (BChE), que pode contribuir para o desenvolvimento da aterosclerose na fase adulta. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) sobre a atividade da butirilcolinesterase (BChE) e fatores de risco cardiometabólicos em adolescentes obesos. Participaram deste estudo 48 adolescentes obesos, sendo 29 meninos e 19 meninas, divididos por sorteio em grupo intervenção com HIIT (GHIIT, $n=34$; $11,78 \pm 1,82$ anos de idade) e grupo controle (GC, $n=14$; $12,29 \pm 2,33$ anos de idade). Inicialmente e após 12 semanas foram avaliadas: massa corporal (MC), estatura, índice de massa corporal (IMC), IMC escore-z (IMC-z), circunferência abdominal (CA), relação cintura-estatura (RCEst), percentual de gordura (%GC), glicemia em jejum (GLIC), triglicerídeos (TG), colesterol total (CT), lipoproteína de baixa densidade-colesterol (LDL-c), lipoproteína de alta densidade-colesterol (HDL-c) e atividade da BChE. A espessura médio-intimal (EMI) da artéria carótida foi mensurada por meio de exame ultrassonográfico de alta resolução na parede posterior do vaso e bilateralmente. Também foram avaliadas a pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca de repouso (FC_{rep}), frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$). O programa constou de três fases compostas por exercícios de aquecimento, exercícios de HIIT na modalidade de corrida/caminhada em uma quadra poliesportiva, com intensidades intercaladas de 100% e 50% da frequência cardíaca de reserva, e ao final a fase de resfriamento. Cada sessão totalizou 45 minutos, realizadas três vezes por semana em dias alternados, durante 12 semanas. A análise estatística foi realizada pelos testes Anova One-Way e *Mann-Whitney*, tamanho do efeito (ES) e Anova de modelos mistos considerando significativo $p < 0,05$. A permanência ao programa atingiu 90% dos participantes durante as 12 semanas de HIIT. Na fase inicial, os meninos apresentaram valores médios maiores na idade, MC, estatura, IMC-z, CA, RCEst, %GC, PAS e PAD quando comparados às meninas, porém as características clínicas, bioquímicas e de aptidão cardiorrespiratória foram semelhantes entre os sexos. Após a intervenção houve redução significativa no CT (ES: 0,33), HDL-c (ES: 0,37), PAD (ES: 0,67), BChE (ES: 0,33) e FC_{rep} (ES: 0,22) no GHIIT. Entretanto, o GC apresentou aumento da PAD (ES: 0,27), BChE (ES: 0,81) e FC_{rep} (ES: 0,52). Após 12 semanas de acompanhamento, apesar da manutenção do IMC em ambos os grupos, foram verificadas reduções em alguns fatores de risco cardiometabólicos no GHIIT e aumento do risco no GC. Conclui-se que o programa regular de atividades físicas do tipo HIIT proporciona benefícios à saúde e redução da atividade da BChE, mesmo em situações de manutenção dos parâmetros antropométricos. Enquanto que a falta de atividade física pode acarretar piora de marcadores clínicos e aumento da atividade da BChE em adolescentes obesos. As modificações na BChE expressaram sensibilidade à presença ou ausência ao programa de atividade física regular, portanto, sugere-se que a atividade da BChE possa ser utilizada no controle e acompanhamento clínico em adolescentes obesos.

Palavras-chave: obesidade, fatores de risco cardiovasculares, BChE, metabolismo, adolescentes, exercício

ABSTRACT

Obesity is associated with cardiometabolic risk factors in the child and adolescent population, such as dyslipidemia and increased activity of the butyrylcholinesterase enzyme (BChE), which may contribute to the development of adult atherosclerosis. The objective of this study was to evaluate the effect of high intensity interval training (HIIT) on butyrylcholinesterase activity (BChE) and cardiometabolic risk factors in obese adolescents. Thirty-eight obese adolescents, 29 boys and 19 girls, divided by lot in the intervention group with HIIT (GHIIT, $n = 34$, 11.78 ± 1.82 years of age) and control group (CG, $n = 14$; 12.29 ± 2.33 years of age). Initially and after 12 weeks, body mass (BM), height, body mass index (BMI), BMI z-score (BMI-z), waist circumference (WC), waist-height ratio (WHR), fat of percentage (%FAT), total cholesterol (TC), low-density lipoprotein (LDL-c), high-density lipoprotein-cholesterol (HDL-c) of BChE. The medial-intimal thickness (MIT) of the carotid artery was measured by means of high-resolution ultrasonographic examination on the posterior wall of the vessel and bilaterally. Systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), resting heart rate (HRres), maximum heart rate (HRmax) and maximal oxygen consumption (VO_{2max}) were also evaluated. The program consisted of three phases consisting of warm-up exercises, HIIT exercise in a walking / running mode on a multi-sport court, with intercalated intensities of 100% and 50% of reserve heart rate, and at the end of the cooling phase. Each session totaled 45 minutes, performed three times a week on alternate days, for 12 weeks. Statistical analysis was performed by Anova One-Way and Mann-Whitney tests, effect size (ES) and Anova of mixed models considering significant $p < 0.05$. The stay in the program reached 90% of the participants during the 12 weeks of HIIT. In the initial phase, BM, height, BMI, WC, WHR, %FAT, SBP and DBP presented higher mean values in boys compared to girls, but the clinical, biochemical and cardiorespiratory fitness characteristics were similar between the sexes. After the intervention there was a significant reduction in TC (ES: 0.33), HLD-c (ES: 0.37), DBP (ES: 0.67), BChE (ES: 0.33) and HRres 0.22) in the GHIIT. However, the CG presented increased DBP (ES: 0.27), BChE (ES: 0.81) and HRres (ES: 0.52). After 12 weeks of follow-up, despite the maintenance of BMI in both groups, there were reductions in some cardiometabolic risk factors in GHIIT and increased risk in the CG. It is concluded that the regular program of physical activities of the type HIIT provides health benefits and reduction of BChE activity, even in situations of maintaining anthropometric parameters. While the lack of physical activity may lead to worsening of clinical markers and increased activity of BChE in obese adolescents. The changes in BChE expressed sensitivity to the presence or absence of the regular physical activity program, therefore, it is suggested that BChE activity can be used in the control and clinical follow-up of obese adolescents.

Keywords: obesity, cardiovascular risk factors, BChE, metabolism, adolescents, exercise.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1- DURAÇÃO DO PROGRAMA DE TREINAMENTO.	55
QUADRO 2- PROGRAMA DE TREINAMENTO.	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS E CLÍNICAS ENTRE OS SEXOS NA FASE INICIAL.....	58
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS ENTRE OS SEXOS NA FASE INICIAL.	59
TABELA 3 – VALORES DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA ENTRE OS SEXOS NA FASE INICIAL	59
TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS E CLÍNICAS EM CADA GRUPO NA FASE INICIAL.....	60
TABELA 5 - CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS EM CADA GRUPO NA FASE INICIAL	51
TABELA 6 - VALORES DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM CADA GRUPO NA FASE INICIAL.....	61
TABELA 7 – VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS ANTES E APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO EM ADOLESCENTES OBESOS	63
TABELA 8 - VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS ANTES E APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO EM ADOLESCENTES OBESOS.....	64
TABELA 9 - VARIÁVEIS CLÍNICAS ANTES E APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO EM ADOLESCENTES OBESOS.....	65
TABELA 10 - VARIÁVEIS DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA ANTES E APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO EM ADOLESCENTES OBESOS..	66

LISTA DE ABREVIATURAS

ACR	- Aptidão cardiorrespiratória
BChE	- Butirilcolinesterase
CA	- Circunferência abdominal
CT	- Colesterol total
DCV	- Doenças cardiovasculares
DM2	- Diabetes mellitus tipo 2
EMI	- Espessura médio intimal media
EMID	- Espessura médio intimal direita
EMIE	- Espessura médio intimal esquerda
ES	- Effect Size
FC_{máx}	- Frequência cardíaca máxima
FC_{rep}	- Frequência cardíaca de repouso
GC	- Grupo controle
GLI	- Glicemia em jejum
GHIIT	- Grupo intervenção com HIIT
HDL-c	High-density lipoprotein cholesterol
HAS	- Hipertensão arterial sistêmica
HIIT	- High Intensity Interval Training
HOMA-IR	- Homeostasis Metabolic Assessment- Insulin Resistance
IL-6	- Interleucina-6
IMC	- Índice de massa corporal
IMC-z	- IMC score-z
INS	- Insulinemia em jejum
LDL-c	- Low-density lipoprotein cholesterol
MC	- Massa corporal
PAS	- Pressão arterial sistólica
PAD	- Pressão arterial diastólica
QUICKI	- Quantitative Insulin Sensitivity Check Index
RCEst	- Razão cintura-estatura

SMet	- Síndrome metabólica
TG	- Triglicerídeo
TNF-α	- Fator de necrose tumoral α
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UNIPAR	- Universidade Paranaense
VO₂máx	- Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo geral	18
1.1.2 Objetivos específicos	18
1.2 HIPÓTESES	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 OBESIDADE	20
2.2 DISLIPIDEMIAS	24
2.3 ATIVIDADE DA BUTIRILCOLINESTERASE (BChE)	31
2.4 DISFUNÇÃO ENDOTELIAL	35
2.5 EXERCÍCIO FÍSICO	38
3 MATERIAL E MÉTODOS	50
3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO	50
3.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA	50
3.3 AVALIAÇÕES FÍSICAS	51
3.4 ANÁLISES BIOQUÍMICAS	53
3.5 ESPESSURA MÉDIO-INTIMAL DE ARTÉRIA CARÓTIDA (EMI)	54
3.6 REGISTRO ALIMENTAR	54
3.7 PROTOCOLO DE TREINAMENTO	54
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA	56
4 RESULTADOS	58
4.1 CARACTERÍSTICAS INICIAIS DA AMOSTRA	58
4.2 APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO COM TREINAMENTO HIIT	62
5 DISCUSSÃO	67
6 CONCLUSÃO	79
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICES	98
ANEXO	102

1 INTRODUÇÃO

A obesidade infantojuvenil está associada ao aparecimento precoce de fatores de risco cardiometabólicos na infância e adolescência, bem como ao desenvolvimento das doenças cardiovasculares (DCV) na fase adulta (BOODAI *et al.*, 2014; KARNIK; KANEKAR, 2012). Dentre esses, as dislipidemias aparecem com maior frequência em crianças e adolescentes obesos (LEITE *et al.*, 2009a), que podem estar associadas à disfunção endotelial (LIMA; ROMALDINI; ROMALDINI, 2015) e contribuir para mudanças arteriais (BIBILONI *et al.*, 2015), tais como o aumento da espessura médio-intimal (EMI) da artéria carótida (PIZZI *et al.*, 2013), que é um dos precursores de eventos clínicos cardíacos associados à aterosclerose (FREIRE *et al.*, 2015; REILLY; KELLY, 2011; DANIELS; GREEN, 2008).

As dislipidemias são representadas pelos níveis elevados de CT, TG (LEITE *et al.*, 2009a) e LDL-c (WEISS *et al.*, 2004), e níveis baixos de HDL-c (RAMOS *et al.*, 2011). Indivíduos com dislipidemias podem apresentar aumentos na atividade da BChE, considerados marcadores potenciais da obesidade e do metabolismo da gordura (BULUT *et al.*, 2013), que também predispõem a formação de aterosclerose (RIBAS; SILVA, 2012). Portanto, o estudo do metabolismo de lipídeos e obesidade também precisa enfatizar a relevância da associação com a atividade da BChE (VALLE *et al.*, 2006) e alguns fatores de risco para as DCV tais como a hipertensão arterial sistêmica (HAS) (MILANO *et al.*, 2013) e a diminuição da sensibilidade à insulina (SILVA *et al.*, 2012; MACPHERSON *et al.*, 2011), bem como ao acúmulo de gorduras em região visceral (LIMA *et al.*, 2013) e endotelial (LAMPÓN *et al.*, 2012).

A condição de estresse inflamatório associado com a obesidade infantil pode desempenhar papel importante no desenvolvimento das primeiras fases dos processos inflamatórios pró-aterosclerótico e subsequente disfunção vascular. O acúmulo de gordura abdominal e gordura hepática têm se relacionado com os fatores de risco metabólicos para o desenvolvimento da aterosclerose, bem como a maior atividade da enzima BChE tem sido correlacionada com o aumento da concentração de TG no plasma e na menor utilização de glicose (MIYAWAKI *et al.*, 2004). A atividade da BChE tende a ser maior em obesos do que em indivíduos não obesos (FURTADO-ALLE *et al.*, 2008; ALCÂNTARA *et al.*, 2005), pois esta enzima se torna alterada em função da condição metabólica corporal, aumento da gordura visceral e desenvolvimento de anormalidades para fatores de risco cardiometabólicos, como

inflamação nas paredes das artérias, aumento da citocina interleucina 6 (IL6) (STEFFEL; LUSCHER, 2009), aumento da proteína C reativa (PCR) e leptina e diminuição da adiponectina (LOPES *et al.*, 2016; COUTINHO *et al.*, 2015).

A prevenção e tratamento são fundamentais para minimizar os fatores de risco para DCV, sendo que o exercício físico regular tem sido indicado como terapêutica para reduzir tais fatores como o excesso de peso (KELLEY; KELLEY; PATE, 2014), as dislipidemias (PINHO *et al.*, 2010), a disfunção endotelial (KRUGER *et al.*, 2015) e, com a prática regular de atividades físicas aeróbias, há diminuição da atividade na BChE (MILANO *et al.*, 2013). Não obstante, as comorbidades associadas ao excesso de peso podem ser parcialmente reversíveis com uma dieta e intervenção com exercício, mesmo se os pacientes não atingirem o peso corporal ideal (KELISHADI *et al.*, 2008). Portanto, uma das estratégias na prevenção da obesidade na infância e adolescência é o exercício físico, que tem papel coadjuvante no tratamento da obesidade, sedentarismo, resistência insulínica e síndrome metabólica (SMet) (LEITE *et al.*, 2009b; BOOTH *et al.*, 2012).

Aptidão cardiorrespiratória é fator importante para a saúde indicando que a maior prática de atividades físicas é agente protetor ao desenvolvimento da obesidade e pode ser ferramenta útil no seu tratamento (GOMES; CARLETTI; PEREZ, 2014). O tratamento com exercícios físicos pode não reduzir o peso corporal, porém quanto melhor for o escore z do IMC, espera-se melhor controle glicêmico em adolescentes com diabetes tipo 1 (LIMA *et al.*, 2017).

O treinamento físico aeróbico tem sido o mais utilizado no tratamento da obesidade em adolescentes (LOPES *et al.*, 2015; CARNIER *et al.*, 2013), tanto para a redução do peso corporal (MUNK *et al.*, 2009; TJØNNA *et al.*, 2009) e controle das comorbidades associadas (POETA *et al.*, 2013; LEITE *et al.*, 2009b). Os programas de intervenção terapêutica da obesidade infantil mostraram efeitos benéficos no perfil lipídico (CAI *et al.*, 2014). A caminhada/corrida aquática destaca-se na redução do LDL-c (LEITE *et al.*, 2010), enquanto que o ciclismo e caminhada terrestres combinadas promoveram o aumento do HDL-c e a redução dos TG (LEITE *et al.*, 2013).

Além disso, a atividade física pode diminuir a espessura da parede arterial em indivíduos assintomáticos saudáveis, bem como em indivíduos com fatores de risco cardiovascular e/ou doença, que demonstram o aumento da espessura da parede arterial (THIJSSSEN *et al.*, 2012). Quanto à atividade da BChE, poucos estudos

analisaram o efeito do exercício físico e os que foram conduzidos encontraram redução na atividade da BChE (CHAVES *et al.*, 2013; MILANO *et al.*, 2013) e, de acordo com Silva *et al.* (2012) um programa de 12 semanas de exercício físico aeróbio foi eficaz na diminuição da atividade da BChE em adolescentes obesos, além da melhoria significativa no perfil lipídico.

Pesquisadores têm proposto outros tipos de exercícios físicos para a terapêutica da obesidade, como os concorrentes em adolescentes (LOPES *et al.*, 2016; AGOSTINETE *et al.*, 2015; MONTEIRO *et al.*, 2013; ANTUNES *et al.*, 2013) e os localizados (MACHADO FILHO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2012; BENSO *et al.*, 2007), com efeitos semelhantes aos aeróbios (CARNIER *et al.*, 2013). Nesse sentido, os exercícios físicos intervalados de alta intensidade (HIIT) também foram propostos como estratégia terapêutica para reduzir as DCV em população obesa (GARCÍA-HERMOSO *et al.*, 2016). Inicialmente, o HIIT foi direcionado para atletas e indivíduos adultos saudáveis (GIBALA *et al.*, 2012; BABRAJ *et al.*, 2009), porém, nos últimos anos tem sido utilizado em populações jovens saudáveis para promover o controle do peso corporal, melhora do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) (TJONNA *et al.*, 2008) e da sensibilidade à insulina (IWASAKI *et al.*, 2007).

Estudos em pacientes adultos com doença arterial coronariana também encontraram aumento no $VO_{2máx}$ (CORNISH; BROADBENT; CHEEMA, 2011) e na sensibilidade à insulina (LEGGATE *et al.*, 2012) e resultados semelhantes foram encontrados em crianças e adolescentes obesos (TJONNA *et al.*, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2012). Estudo de revisão sistemática com meta-análise concluiu que o treinamento aeróbico e o HIIT provocam melhoras no VO_{2max} em adultos saudáveis e jovens de meia idade, com os ganhos maiores após HIIT (MILANOVIC; SPORIS; WESTON, 2015).

Percebe-se o crescente interesse em pesquisar o HIIT, pois evidências demonstram que pode servir como alternativa efetiva ao treinamento tradicional de resistência, induzindo adaptações fisiológicas semelhantes ou mesmo superiores em indivíduos saudáveis e populações doentes e estimulando o remodelamento fisiológico comparável ao treinamento contínuo de intensidade moderada (GIBALA *et al.*, 2012).

Estudo de revisão sistemática com meta-análise que comparou a eficácia da modulação da adiposidade corporal entre HIIT e exercícios aeróbicos de moderada intensidade encontrou que baixo número de participantes (< 20) e curta duração da

intervenção (4 semanas) não possuem poder de detectar diferenças em relação a gordura corporal, porém quando os protocolos de treinamento foram combinados para o gasto de energia/carga de trabalho, observaram-se benefícios semelhantes (KEATING *et al.*, 2017).

A característica principal do HIIT é apresentar volume de intervenção menor, tornando-se estratégia eficiente para acumular as adaptações em indivíduos que referem ter pouco tempo para praticar exercícios físicos (GARCÍA-HERMOSO *et al.*, 2016). Além dos possíveis benefícios para a saúde em comparação aos programas de exercícios aeróbicos tradicionais, o HIIT tem se destacado por maior adesão (BOUTCHER, 2011) que pode ser uma abordagem inovadora para o tratamento da obesidade pediátrica com estratégias que reduzam a aversão e melhorem a adesão ao tratamento (BEAN *et al.*, 2014).

Portanto, analisar os benefícios do exercício físico como tratamento dos fatores de risco cardiovasculares é questão de saúde pública, visto que pode prevenir o desenvolvimento da obesidade, espessamento endotelial e diminuir a incidência de complicações na vida adulta, bem como buscar novas estratégias que possuam maior adesão terapêutica. Até o momento não se identificaram estudos que avaliaram o efeito do HIIT sobre a EMI e atividade da BChE em adolescentes obesos. Assim, com intuito de suprir a lacuna científica em relação ao HIIT, a presente pesquisa tem como objetivo analisar se ocorrem modificações dos fatores de risco cardiometabólicos, atividade da BChE e EMI após 12 semanas de HIIT em adolescentes obesos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Investigar o efeito de 12 semanas de HIIT sobre os fatores de risco cardiometabólicos e atividade enzimática da BChE em adolescentes obesos do município de Francisco Beltrão/PR.

1.1.2 Objetivos específicos

- Verificar as modificações sobre as medidas antropométricas após 12 semanas de HIIT em adolescentes obesos;

- Avaliar as mudanças sobre a aptidão cardiorrespiratória, pressão arterial e variáveis do perfil lipídico, glicemia e insulinemia após 12 semanas de HIIT em adolescentes obesos;
- Analisar as mudanças sobre a atividade da BChE e a EMI de artéria carótida, após 12 semanas de HIIT em adolescentes obesos.

1.2 HIPÓTESES

H1: As medidas de composição corporal diminuirão após 12 semanas de HIIT.

H2: A aptidão cardiorrespiratória, a pressão arterial, o perfil lipídico, a glicemia e a insulinemia sofrerão alterações positivas em relação à saúde dos adolescentes obesos após 12 semanas de HIIT.

H3: A atividade da BChE e a EMI de artéria carótida diminuirão em adolescentes obesos após 12 semanas de HIIT.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A obesidade se caracteriza pelo acúmulo de gordura corporal subcutânea e visceral (STAIANO; KATZMARZYK, 2012) e sua patogênese é complexa, sendo assim, a redução do excesso de peso na população é um dos principais desafios de saúde pública do século XXI (ELÍAS-BONETA *et al.*, 2015; CROMLEY *et al.*, 2012; SELASSIE; SINHA, 2011). A preocupação em reduzir o sobrepeso e a obesidade populacional está relacionada ao aumento na frequência do excesso de peso ao longo das últimas três décadas, o que ocasionou ampliação significativa dos custos para cuidados de saúde em termos individuais e também com os gastos públicos (OKORODUDU; OSWORTH, CORSINO, 2015), pois a obesidade predispõe ao aparecimento de doenças cardiovasculares, metabólicas e complicações hepáticas, bem como dificuldades psiquiátricas (ELÍAS-BONETA *et al.*, 2015).

O estado de obesidade é geralmente causado por sedentarismo, hábitos alimentares pouco saudáveis, fatores sociais e genéticos que influenciam o consumo e gasto de energia (DUARTE *et al.*, 2015). O tratamento para crianças e adolescentes com excesso de peso inclui as intervenções comportamentais, que envolvem modificações na dieta e prescrição de exercícios físicos, procedimentos que podem trazer benefícios para saúde em longo prazo (ACOSTA; MANUBAY; LEVIN, *et al.*, 2008). Em função disso, esta revisão de literatura abordará os aspectos da etiologia da obesidade, a fisiopatologia dos fatores de risco cardiometabólicos, assim como os resultados terapêuticos da prática regular de exercícios físicos em adolescentes obesos.

2.1 OBESIDADE

O sobrepeso e a obesidade são caracterizados por excesso de gordura corporal, cujo excesso de adiposidade é mais frequentemente definido pelo Índice de Massa Corporal (IMC), uma fórmula matemática que relaciona a massa corporal de um indivíduo dividida pela sua estatura ao quadrado (kg/m^2). A Organização Mundial de Saúde (OMS) classifica como sobrepeso os adultos que apresentam um IMC de 25 a $29,9 \text{ kg/m}^2$, enquanto a obesidade é classificada em estágios ou graus de acordo com o IMC: Grau 1 = $30,0\text{-}34,9$; Grau 2 = $35,0\text{-}39,9$; e Grau 3: $\geq 40,0 \text{ kg/m}^2$ (NICOLAI; LUPIANI; WOLF, 2012). Na faixa etária pediátrica, são utilizadas curvas de percentis

de IMC para idade determinadas por sexo. Crianças e adolescentes com IMC acima do Percentil 85º e inferior ao Percentil 95º para idade e sexo são considerados com sobrepeso e aqueles com IMC superior ao Percentil 95º são considerados obesos.

A obesidade é uma doença multifatorial, relacionada ao estilo de vida infantil, principalmente devido ao comportamento alimentar e as atividades físicas da criança desde a infância, porém, também pode ser atribuída à interação complexa entre as características genéticas (KUBO, 2014). A característica fenotípica resulta tanto do número de genes herdados que estão implicados na obesidade, quanto da variação da expressão de cada um dos mesmos em relação aos fatores ambientais. Tradicionalmente, o modelo ideal para a determinação do componente genético é baseado em estudos de gêmeos, visto que os gêmeos monozigóticos têm 100% de seus genes em comum e os dizigóticos, em média 50%. Tais estudos sugerem uma hereditariedade de massa corporal entre 40 e 70%, com uma concordância de 0,7-0,9 entre gêmeos monozigóticos, em comparação com 0,35-0,45 entre gêmeos dizigóticos em obesos. Estes valores não diferem significativamente entre gêmeos criados separados e gêmeos criados juntos, e entre gêmeos criados ou não pelos próprios pais (FERNANDES; FUJIWARA; MELO, 2011).

Pesquisas para identificação de variantes genéticas relacionadas à obesidade em grandes populações têm sido desenvolvidas (FERNANDES; FUJIWARA; MELO, 2011) porém, síndromes raras também estão associadas com a obesidade, tais como a síndrome de Prader-Willi, distúrbios hormonais que resultam em ganho de peso, como síndrome de Cushing e ganho de peso devido aos efeitos adversos de medicação, tais como corticoesteróides (KUBO, 2014).

Os aspectos genéticos se expressam principalmente em ambientes obesogênicos, portanto o estilo de vida saudável, que inclui comportamentos alimentares adequados e estar fisicamente ativo na primeira infância, torna-se componente crucial na prevenção da obesidade. Uma revisão sistemática evidencia empiricamente sobre a relação entre os pais e os hábitos alimentares e a atividade física dos pré-escolares. Apesar do número limitado de estudos de alta qualidade, os resultados apoiam o conceito de facilitação social e teorias de aprendizagem observacional, sugerindo que os pais podem ser modelos para a adoção de comportamentos saudáveis em pré-escolares. Além disso, os resultados também sugerem que essa relação pode ser moderada por variáveis, como idade, sexo

(WARD *et al.*, 2016) e fator socioeconômico, o que pode favorecer de forma precoce o desenvolvimento de doenças crônicas (MIRANDA *et al.*, 2015).

Adicionalmente, o estilo de vida não saudável de crianças e adolescentes tem sido destacado no aparecimento de fatores de risco cardiovasculares. Um estudo que avaliou 522 meninas e 402 meninos (N = 924) com idade entre 11 e 17 anos, realizou associação entre agrupamento de fatores de risco metabólicos e atividade física moderada a vigorosa (MVPA), sendo que a MVPA foi inversamente associada ao agrupamento de fatores de risco metabólicos em meninas (MACHADO-RODRIGUES *et al.*, 2015).

Portanto, o estilo de vida sedentário está cada vez mais implicado em um perfil de saúde metabólica negativo entre os jovens. Um estudo examinou as relações entre fatores de risco metabólicos agrupados e visualização de TV em 262 adolescentes do sexo feminino de 14-17 anos de idade, e encontrou o seguinte resultado: a TV foi associada de forma independente com o aumento da prevalência do risco metabólico após ajustamento de vários fatores de confusão como a idade cronológica, IMC, MVPA e educação dos pais (MACHADO-RODRIGUES *et al.*, 2014b). O modelo final também indicou que menores níveis de MVPA, maior IMC e menor escolaridade materna estavam associados ao maior risco metabólico, portanto o aumento da visualização na TV teve efeito adverso sobre a saúde metabólica das adolescentes.

Os achados destacam a importância potencial de ações preventivas para melhorar o risco metabólico em jovens que visam comportamentos sedentários e fisicamente ativos (MACHADO-RODRIGUES *et al.*, 2014b). Outro estudo brasileiro analisou os hábitos diários com a prevalência de obesidade abdominal, que ocorreu em aproximadamente um a cada 10 adolescentes, sendo que os fatores familiares associados foram a escolaridade materna (≥ 8 anos) e o tempo sentado à frente da televisão (≥ 2 horas) (CASTRO; NUNES; SILVA, 2016).

Em função disso, outro aspecto a ser observado é a quantidade e os locais de acúmulo de adiposidade corporal, que são as regiões subcutânea e visceral, sendo que a maior quantidade da gordura corporal e o local de depósito específico de tecido adiposo (visceral ou subcutâneo) podem contribuir para os riscos de saúde cardiometabólicos em adultos (COSTA; BRITO; LESSA, 2014) e em crianças e adolescentes (SAKUNO *et al.*, 2014; STAIANO; KATZMARZYK, 2012). Estudo brasileiro encontrou associação da maior circunferência abdominal (CA) com a hipertensão arterial sistêmica (HAS) e dislipidemias entre crianças e adolescentes

com pesos corporais superiores ao esperado para a sua idade (LIMA; ROMALDINI; ROMALDINI, 2015).

A gordura corporal pode se acumular de duas maneiras, tanto pela hiperplasia como pela hipertrofia adiposa. Na hiperplasia há multiplicação de células adiposas, cujo aumento no número de células ocorre pelo estímulo à necessidade de reservar tecido adiposo, tanto na terceira fase da gestação (intrauterina), dos dois aos seis anos de idade e na fase da adolescência (CARVALHO *et al.*, 2013). Enquanto que a hipertrofia celular adiposa, em que as células adiposas aumentam de tamanho para armazenar maior quantidade de gordura, tem sido implicada no mecanismo de aumento da adiposidade infantojuvenil e na fase adulta (KUBO *et al.*, 2014).

Em relação aos locais que estão associados ao acúmulo da adiposidade corporal, a gordura visceral, ao contrário da gordura subcutânea, está associada à produção de substâncias inflamatórias, levando o obeso ao estado pró-inflamatório que aumenta o risco de várias doenças crônicas como HAS, dislipidemias, diabetes mellitus tipo 2 (DM2), DCV, asma, apnéia do sono, osteoartrite e vários tipos de câncer em adultos (NICOLAI *et al.*, 2012).

A obesidade presente entre os adolescentes também apresenta inflamação sistêmica (FRANSCISQUETI; NASCIMENTO; CORRÊA, 2015), o que provoca aumento do risco de DCV e do desenvolvimento do DM2 na população infanto-juvenil. Dessa forma, há necessidade de utilização de ferramentas de triagem para direcionar as intervenções terapêuticas. O teste de tolerância à glicose, a avaliação da resistência à insulina e das concentrações da PCR foram incluídas como análise metabólica de crianças e adolescentes obesos como exames laboratoriais complementares na maioria das avaliações clínicas (DE BOER, 2013), pois a obesidade em idade precoce pode contribuir para a aterosclerose e DCV em adultos.

A presença de vários distúrbios metabólicos de forma simultânea em indivíduos obesos, que parecem se associar, foi observada desde o início do século passado e foi denominado como síndrome X por Gerald Reaven (REAVEN, 1988), termo que foi substituído posteriormente por síndrome metabólica (SMet) (ALBERTI; ZIMMET, 1998). A resistência à insulina tem sido proposta como fator etiológico para a SMet, pois está associada ao grupo de distúrbios metabólicos (SAVOYE *et al.*, 2014) e nos inflamatórios (SPRUIJT-METZ *et al.*, 2014). As definições atuais de SMet incluem as seguintes características-chave: hiperinsulinemia ou resistência à insulina, dislipidemias, HAS e obesidade, com ênfase particular na adiposidade central tanto

para adultos (LIRA NETO *et al.*, 2017) como para população pediátrica (LEE; SANDERS, 2012).

Embora a prevalência da SMet tenha aumentado na juventude, a contribuição potencial independente da aptidão cardiorrespiratória (ACR) para o agrupamento de fatores de risco metabólicos tem recebido relativamente pouca atenção. Machado-Rodrigues *et al.* (2014a) avaliaram relações entre o agrupamento de fatores de risco metabólicos e CRF em uma amostra de jovens e, encontrou associação inversa da ACR associada ao agrupamento de fatores de risco metabólicos, após o ajuste de vários potenciais fatores de confusão na juventude brasileira. Os autores concluem que, por inferência, a ACR elevada é preventiva do risco de SMet. Existe, no entanto, a necessidade de quantificar o nível de ACR que está associado com a prevenção e redução do risco metabólico na juventude.

Assim, a prevenção de condições metabólicas induzidas pela obesidade é fator importante no manejo do sobrepeso e da obesidade durante a infância, pois está associada ao aumento da morbidade e mortalidade e a uma expectativa de vida mais curta (PARK *et al.*, 2012). Dentre os distúrbios metabólicos, as alterações no perfil lipídico estão implicadas no desenvolvimento da aterosclerose (BARONCINI *et al.*, 2016) e fazem parte dos fatores envolvidos no diagnóstico de SMet (CARVAJAL, 2017). Portanto, no próximo tópico serão abordadas as dislipidemias, comorbidades frequentemente associadas com o excesso de peso.

2.2 DISLIPIDEMIAS

As dislipidemias são desordens de etiologia multifatorial, que envolvem fatores genéticos e ambientais no metabolismo de lipídeos, sendo refletida em alterações dos níveis das lipoproteínas circulantes (PEREIRA, 2011). Elas são caracterizadas por elevações nas concentrações de CT, LDL-c, TG ou alguma combinação dos mesmos, bem como as concentrações mais baixas de HDL-c. Os níveis das lipoproteínas são o resultado de contribuições genéticas e ambientais, como a dieta e o nível de atividade física (PETERSON; MCBRIDE, 2012).

Do ponto de vista fisiológico e clínico, os lipídeos biologicamente mais relevantes são os fosfolipídeos, o CT, os TG e os ácidos graxos (AG). Os fosfolipídeos formam a estrutura básica das membranas celulares. O CT é precursor dos hormônios esteroidais, dos ácidos biliares e da vitamina D. Além disso, como constituinte das

membranas celulares, o colesterol atua na fluidez destas e na ativação de enzimas aí situadas. Os TG são formados a partir de três AG ligados a uma molécula de glicerol e constituem uma das formas de armazenamento energético mais importante no organismo, depositados nos tecidos adiposo e muscular (SBC, 2013).

As dislipidemias primárias são aquelas com contribuição genética, que podem ter causa monogênica ou, na maioria das vezes ter origem complexa, com a contribuição de muitas variantes genéticas e elementos ambientais (SBC, 2013). As dislipidemias secundárias são aquelas causadas pela alimentação inadequada e comportamento sedentário (GUERRA; FARIAS JÚNIOR; FLORINDO, 2016), uso de fármacos, ou doenças, como, por exemplo, o diabetes (SILVA, 2015). As dislipidemias são importantes fatores de risco modificáveis para DCV, pois as concentrações dos lipídios sanguíneos podem ser alteradas com as modificações da dieta e estilo de vida (REUTER *et al.*, 2016), principalmente quando as alterações estão relacionadas a etiologia secundária. Contudo, nos casos de dislipidemias primárias há necessidade de uso de medicamentos (PETERSON; MCBRIDE, 2012).

Em relação ao fenótipo das dislipidemias, por meio de análises bioquímicas, é possível defini-la em quatro tipos principais: a) hipercolesterolemia isolada: elevação isolada do LDL-c (≥ 160 mg/dl); b) hipertrigliceridemia isolada: elevação isolada dos TG (≥ 150 mg/dl); c) hiperlipidemia mista: valores aumentados de LDL-c (≥ 160 mg/dl) e TG (≥ 150 mg/dl); e d) HDL-c baixo: redução do HDL-c (homens < 40 mg/dl e mulheres < 50 mg/dl) isolada ou em associação a aumento de LDL-c ou de TG (SBC, 2013).

Os dados epidemiológicos em adultos sugerem que a hipercolesterolemia e aterosclerose coronária são fatores de risco para acidente vascular cerebral isquêmico (JELLINGER *et al.*, 2015), visto que evidências também apontam para a resistência à insulina e diminuição da concentração HDL-c como fator de risco importante para acidente vascular cerebral e doença vascular periférica (RODRIGUEZ-COLON *et al.*, 2009).

Os valores de referência lipídica desejáveis para crianças e adolescentes brasileiros na faixa etária de 2 a 19 anos de idade para o CT são < 150 mg/dl, para LDL-c e TG < 100 mg/dl, e para HDL-c ≥ 45 mg/dl (SBC, 2005). A frequência de dislipidemias pode atingir 30 a 60% das crianças e adolescentes, sendo que o histórico familiar de alterações no perfil lipídico em idades precoces tem sido o principal fator na determinação de rastreio lipídico para crianças (HANEY *et al.*, 2007).

Nas condições familiares de maior risco, as crianças podem ser avaliadas a partir dos 2 anos de idade ou no momento da consulta médica, com reavaliação a cada 5 anos. Enquanto que, para os que não possuem histórico familiar de dislipidemias, os exames de rotina devem ocorrer nas idades de 9 a 11 anos e, posteriormente, quando com 17 a 21 anos (DANIELS et al., 2012).

A avaliação do perfil lipídico em crianças e adolescentes é importante para o diagnóstico precoce de dislipidemias, e alterações fisiológicas podem ser observadas na concentração dos componentes do perfil lipídico, de acordo com o estágio de maturação sexual. No estudo de Mascarenhas *et al.* (2015), a variação das concentrações lipídicas e lipoproteicas em 570 adolescentes do sexo masculino, com idades entre 10 e 17 anos, foi observada na redução significativa das concentrações de CT e HDL-c entre o início e o final da puberdade. Enquanto que os níveis de LDL-c aumentaram durante o estágio 3 da maturação sexual, retornando a valores semelhantes aos encontrados no período pré-púbere no final de puberdade. Entretanto, os TG não se alteraram durante o processo de maturação, demonstrando assim que os lipídios e lipoproteínas se comportam de forma diferente durante o estágio de puberdade dos meninos e sugere-se que os valores percentuais de pontos de corte por maturação sexual possam ser de grande valor para o monitoramento clínico durante a adolescência.

Com objetivo de determinar a distribuição das concentrações do perfil lipídico em 38069 adolescentes brasileiros de 12 a 17 anos de idade (59,9% do sexo feminino), bem como a prevalência de níveis alterados de tais parâmetros, o ERICA (Estudo de Riscos Cardiovasculares em Adolescentes) encontrou os seguintes valores médios: CT de 148,1 mg/dl (IC95% 147,1-149,1), HDL-c de 47,3 mg/dl (IC95% 46,7-47,9), LDL-c de 85,3 mg/dl (IC95% 84,5-86,1), e TG de 77,8 mg/dl (IC95% 76,5-79,2). As adolescentes do sexo feminino apresentaram níveis médios de CT, LDL-c e HDL-c mais elevados quando comparados com os meninos e não houve diferença significativa de valores médios entre adolescentes de 12 a 14 e de 15 a 17 anos. As alterações com maior prevalência foram HDL-c baixo (46,8% [IC95% 44,8-48,9]), hipercolesterolemia (20,1% [IC95% 19,0-21,3]) e hipertrigliceridemia (7,8% [IC95% 7,1-8,6]), portanto as alterações dos lipídios plasmáticos se evidenciam em parcela significativa dos adolescentes brasileiros (FARIA-NETO *et al.*, 2016).

Um estudo em adolescentes púberes (meninas=13,39±1,81 anos e meninos=13,10±1,97 anos), com objetivo de analisar a associação entre os níveis lipídicos com

a adiposidade global e central, encontrou maiores proporções de níveis diminuídos de HDL-c e aumentados de TG nos adolescentes obesos comparado aos não-obesos, sendo que existiram associações inversas e moderadas do HDL-c com a adiposidade global e central (LEITE *et al.*, 2009a). Outro estudo, que avaliou a prevalência de dislipidemias em 450 crianças, com idades entre 2 e 10 (47,5% de meninas), observou que metade das crianças apresentavam pelo menos uma concentração anormal de lipídios (54,3%), sendo o aumento do TG a dislipidemia mais frequente (26,2%) e a obesidade associada à ocorrência de pelo menos um nível lipídico anormal (BIBILONI *et al.*, 2015).

Portanto, o aumento de sobrepeso e obesidade em crianças pode estar relacionado ao aumento das dislipidemias (PETERSON; MCBRIDE, 2012), pois a obesidade está associada com elevações nos níveis de LDL-c, porém é mais fortemente relacionada com TG elevados e menor HDL-c (US Preventive Services Task Force, 2016). Esses achados enfatizam a necessidade de iniciar um controle das concentrações plasmáticas do perfil lipídico desde a infância na prevenção das dislipidemias, principalmente em indivíduos com obesidade.

A revisão sistemática de Lozano *et al.* (2016), com objetivo de atualizar recomendações anteriores sobre triagem de crianças e adolescentes para dislipidemia multifatorial da US Preventive Services Task Force (USPSTF), não encontrou ensaios clínicos randomizados que avaliassem a triagem de crianças e adolescentes para dislipidemia multifatorial. Os autores destacaram um estudo observacional e representativo (n=6500) realizado por Garcia e Moodie (1989), em que o diagnóstico de CT elevado em triagens varia entre 4,8%, sendo 12,3% em crianças obesas, sendo que o CT atinge naturalmente o pico aos 9-11 anos (7,2%) e aos 16-19 anos (7,2%). Porém, reflete a situação de dislipidemias no final dos anos 80. A revisão apontou também outro estudo observacional, que acompanhou 9245 jovens e adultos durante 12 a 18 anos (SAYDAH *et al.*, 2013), cujas concentrações de CT aos 12 e aos 39 anos não estavam associadas à morte antes dos 55 anos de idade, concluindo que a importância do diagnóstico de dislipidemias em triagens de perfil lipídico varia conforme o IMC e obesidade central dos indivíduos.

Estudo que avaliou 2243 crianças obesas, entre 7-17 anos, com objetivo de verificar a distribuição dos níveis séricos de lipídios estratificadas por idade e estimar o poder discriminativo do IMC, CA e Relação Cintura-Estatura (RCEst) na triagem dos riscos de dislipidemias em crianças com obesidade, encontrou valores mais altos de

TG nas idade entre 10-14 e 15-17 anos de idade, porém menor concentração de CT, LDL-c e HDL-c em comparação às crianças de 7-9 anos de idade ($p < 0,001$), o que sugere uma flutuação destes níveis lipídicos durante 10 a 14 anos de idade. O IMC apresentou melhor utilidade prática na identificação de dislipidemias entre crianças em idade escolar com obesidade em comparação às outras medidas antropométricas (ZHU *et al.*, 2016).

De forma semelhante, outro estudo em 53 meninas, de 13 a 17 anos, com objetivo de investigar a associação entre adiposidade total e abdominal com parâmetros metabólicos e marcadores inflamatórios, encontrou correlação positiva significativa entre todos os indicadores de adiposidade com Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD), insulina em jejum (INS), resistência à insulina (HOMA-IR), PCR e leptina. Os TG foram positivamente correlacionados com o IMC e CA, e a adiponectina correlacionou-se negativamente com o IMC. Os marcadores inflamatórios fator de necrose tumoral (TNF- α) e IL-6, bem como os lipídeos séricos glicose, CT, LDL-c e HDL-c não se correlacionaram com as variáveis estudadas. O IMC foi o indicador de adiposidade associado à maioria dos parâmetros estudados e foi caracterizado como ferramenta adequada para detectar indivíduos com risco de complicações da obesidade (COUTINHO *et al.*, 2015).

Boodai *et al.* (2014) avaliaram a prevalência de anormalidades dos fatores de risco cardiometabólicos, que incluíram a resistência à insulina por modelo de homeostase (67,5%), INS (43,5%), PCR (42,5%), HDL-c (35,0%), CT (33,5%) e PAS (30,0%) em um grupo de 80 adolescentes obesos (40 meninos), com idade média de 12,3 anos. Os autores encontraram que, de todos os participantes, 96,3% tiveram pelo menos um fator de risco cardiometabólico comprometido, além da obesidade. Esse estudo sugere que adolescentes obesos apresentam vários fatores de risco cardiometabólicos e que futuros estudos são necessários para testar os benefícios da intervenção neste grupo de alto risco.

Com objetivo de investigar a relação entre PA, IMC, CA, RCEst e dobra cutânea tricipital em crianças e adolescentes, um estudo epidemiológico transversal, do qual participaram 1.441 escolares de 10 a 16 anos de idade (655 meninos e 786 meninas), encontrou os seguintes resultados: todos os indicadores antropométricos demonstraram fracas correlações com os níveis sistólicos e diastólicos, com coeficientes (r) variando de 0,18 a 0,28 ($p < 0,001$). Na análise multivariada, os únicos preditores antropométricos associados ao risco de pressão arterial elevada foram o

IMC (OR = 2,9; IC 95%: 1,9-4,5) e a dobra cutânea tricipital (OR = 1,9; IC 95%: 1,3-3,1), independentes da adiposidade abdominal, maturação sexual e nível econômico. Especificamente nesta faixa etária, a adiposidade corporal total parece ser melhor determinante do risco de elevação da PA do que a adiposidade abdominal (MOSER *et al.*, 2013).

Além dessas variáveis, Pizzi *et al.* (2013) realizaram revisão sistemática sobre a relação do espessamento médio-intimal (EMI), PA e perfil lipídico de crianças e adolescentes obesos e não obesos. Essa revisão selecionou 13 artigos, sendo que 10 artigos encontraram que os obesos apresentaram maiores valores de EMI do que os controles, enquanto apenas dois estudos demonstraram correlação significativa entre EMI e as variáveis PA, LDL-c e TG. A partir desses resultados, os autores sugeriram que novos estudos devem ser conduzidos com a avaliação do impacto do estilo de vida e comportamento sedentário sobre essas variáveis, pois nas últimas décadas, tem-se verificado redução substancial nos níveis de atividade física, com o consequente aumento da prevalência de sobrepeso/obesidade e fatores de risco cardiometabólicos entre jovens.

Nesse sentido, outra pesquisa evidenciou que escolares que apresentam baixos níveis de ACR e sobrepeso/obesidade possuem 5,25 maior ocorrência de perfil metabólico de risco do que os eutróficos (TODENDI *et al.*, 2016). Nesse estudo, que avaliou 1254 escolares, com idade entre sete e 17 anos, com objetivo de verificar a associação entre diferentes níveis de ACR, IMC e perfil de risco metabólico, também analisou o comportamento familiar ao associar os resultados com o perfil nutricional de seus pais. A pesquisa obteve como principais resultados maior ocorrência de desenvolvimento de risco metabólico em escolares que apresentam mãe com obesidade (RP: 1,50; IC 95%: 1,01; 2,23) e, maior ainda, em escolares que possuem pai e mãe obesos (RP: 2,79; IC 95%: 1,41; 5,51).

A investigação do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), perfil lipídico e metabólico de adolescentes obesos e não-obesos foi realizada em estudo transversal (LEITE *et al.*, 2009a), em que participaram 91 indivíduos obesos e 30 não-obesos, de ambos os sexos, na faixa etária dos 10 aos 16 anos. A pesquisa encontrou maiores valores de peso corporal, IMC, CA, TG, insulina basal no grupo obeso do que o não-obeso e o grupo não-obeso apresentou maiores valores de VO_{2max} e HDL-c do que o grupo obeso. Foram encontradas correlações do VO_{2max} com o IMC ($r = -0,540$; $p < 0,001$), a CA ($r = -0,535$; $p < 0,001$), a insulina ($r = -0,392$; $p < 0,001$), o TG ($r = -0,277$;

$p = 0,005$) e HDL-c ($r = 0,299$; $p = 0,002$). Os valores de IMC apresentaram correlações com a CA ($r = 0,961$; $p < 0,001$), a insulina ($r = 0,678$; $p < 0,001$), o HDL-c ($r = - 0,381$; $p < 0,001$) e o TG ($r = 0,222$; $p = 0,025$), e a CA apresentou correlação com a insulinemia ($r = 0,678$; $p < 0,001$), o HDL-c ($r = - 0,384$; $p < 0,001$) e o TG ($r = 0,236$; $p = 0,017$). Porém, os níveis de CT, LDL-c e GLIC não se correlacionaram com a ACR na infância e adolescência, provavelmente associados ao pequeno tempo de exposição ao estilo de vida não saudável ou a presença de fatores genéticos influenciando o perfil lipídico.

Fernandes *et al.* (2010) analisaram a associação entre ACR, excesso de peso e PA elevada em repouso, entre 205 alunos, de ambos os sexos, com idades entre 11 e 14 anos, e encontraram prevalência de excesso de peso de 40,6% para o sexo masculino e 28,4% para o feminino ($p = 0,091$), e de PA elevada em repouso de 20,8% para o sexo masculino e 13,8% para o feminino ($p = 0,247$). O excesso de peso apresentou associação significativa com a PA elevada (RP = 3,92 [1,54-9,98]), o que parece a associação entre ACR e PA elevada ser mediada pelo estado nutricional.

Crianças que apresentam IMC acima do percentil 75, possuem maiores chances de ter INS alterada e um conjunto de fatores de risco para doenças cardiovasculares como a presença de HAS, concentrações elevadas de CT, LDL-c, TG e INS, bem como HDL-c baixo cardiovascular em estudo proposto por Gonçalves *et al.* (2014), com objetivo de identificar associação do IMC e aptidão física aeróbica, em 290 crianças de ambos os sexos, de 6 a 10 anos, com a maioria dos fatores de risco cardiovascular. Portanto, essas associações significativas e as chances aumentadas para presença de fatores de risco cardiovascular em crianças com menor aptidão física aeróbica e maior IMC podem justificar o uso dessas variáveis no monitoramento da saúde em pediatria.

Segundo Reuter *et al.* (2016), a falta de aptidão aeróbica e a obesidade estão associadas com perfis lipídicos anormais. Esse estudo avaliou 1243 crianças e adolescentes (563 meninos e 680 meninas), entre 7 e 17 anos de idade, com objetivo de identificar possíveis relações de dislipidemias com a baixa ACR e obesidade. Os autores observaram maior frequência de dislipidemias entre crianças e adolescentes que apresentaram a combinação desses dois fatores (inapto/sobrepeso-obesidade) do que os que apresentaram combinação de níveis suficientes de ACR (aptos) e peso adequado ou baixo peso. Logo, esta investigação sugere que intervenções terapêuticas e práticas interdisciplinares sejam importantes para a prevenção e o

controle da obesidade, por meio do incentivo da prática de atividades físicas regulares como forma de prevenção de problemas de saúde.

Santos *et al.* (2016), que avaliaram 212 jovens (12-16 anos), com objetivo de identificar os níveis de atividade física (AF) e as prevalências de sobrepeso/obesidade e risco metabólico, observaram que o aumento dos níveis de AF e a redução da prevalência de sobrepeso/obesidade podem ter papel relevante na redução de fatores de risco metabólico. Além disso, o metabolismo energético dos lipídios e suas concentrações ocorrem na presença de enzimas específicas, como por exemplo, a BChE, que garantem a direção de reações químicas nas células, e sugerem ligação com diversas doenças do metabolismo. Portanto, no próximo tópico será abordada a ação da BChE.

2.3 ATIVIDADE DA BUTIRILCOLINESTERASE (BChE)

As colinesterases estão presentes em todos os mamíferos e duas classes têm sido identificadas: acetilcolinesterase (AChE) e butirilcolinesterase (BChE). AChE existe no sistema nervoso central, plaquetas e membrana de eritrócitos, enquanto que a BChE é mais abundante no plasma e é sintetizada pelo fígado (MASSOULIE; BON, 1992), que é o principal órgão que responde às necessidades do organismo com a função de controlar as sínteses das lipoproteínas e monitorar a BChE (BULUT *et al.*, 2013). As concentrações da BChE contribuem na diminuição de lesões hepáticas agudas e crônicas, inflamação, infecções e desnutrição em muitas condições clínicas. A principal evidência sobre o papel emergente da BChE é como marcador prognóstico de doenças hepáticas, bem como marcador de desnutrição protéico-energética e obesidade (SANTARPIA *et al.*, 2013).

De fato, as concentrações séricas e a atividade da BChE parecem refletir com precisão a disponibilidade de substratos aminoácidos e/ou desordem na síntese de proteínas devido a danos hepatocelulares. No câncer, com ou sem comprometimento hepático, os níveis séricos de BChE servem como indicadores funcionais e prognósticos precisos, úteis para monitorar intervenções clínicas e terapêuticas de acordo com o prognóstico dos pacientes. Na ausência de inflamação, BChE poderia também servir como um índice da eficácia do apoio nutricional. Portanto, a avaliação sérica de BChE deveria ser incluída nos procedimentos de diagnóstico clínico de

rotina para avaliar as condições clínicas dos pacientes, em particular nos casos de inflamação e/ou desnutrição protéico-energética (SANTARPIA *et al.*, 2013).

Concentrações aumentadas da BChE no plasma, leucócitos, glóbulos vermelhos e plaquetas aumentam a inflamação local e sistêmica, mesmo quando as concentrações de PCR, IL-6, TNF- α , outros marcadores de inflamação não são analisados, e formam um marcador confiável, único e específico para detectar inflamação sistêmica aguda, crônica de baixo grau (DAS, 2012).

Lawrence e Melnick (1961) sugeriram a formação de um complexo entre a LDL-c e a BChE que seria mantido por ligação física, uma vez que é desfeito por métodos físicos. Os autores encontraram traços de atividade da BChE nessa lipoproteína e observaram que, após o tratamento do soro com ultrassom, ocorria aumento nessa atividade, indicando que o complexo LDL-c/BChE seria desfeito por oscilação sônica. Cucuianu, Popescu e Haragus (1968) examinaram amostras quanto ao nível de colesterol, TG e atividade da BChE. As amostras foram separadas em quatro grupos, um grupo controle com concentração de lípides e peso normal, um grupo de obesos com lípides normais, um grupo controle hiperlipêmico com peso normal e um grupo de obesos hiperlipêmicos. Os autores observaram significativo aumento na atividade da BChE nos três grupos que apresentavam peso e/ou concentrações lipídicas alteradas em relação ao grupo controle. Ao analisarem os grupos com mesma concentração de lípides, notaram que ocorria aumento na atividade da BChE em indivíduos obesos.

O papel fisiológico da BChE ainda não é definido, apesar desta enzima estar amplamente distribuída em diferentes tecidos do corpo humano. Um estudo com objetivo de explorar a relação entre a BChE e os níveis de lipídios, entre 490 adultos (46 ± 16 anos, 40% homens) aparentemente saudáveis, mostrou que a atividade da BChE foi positivamente correlacionada com GLI, LDL-c, CT, TG, ácido úrico e contagem de plaquetas, após ajuste idade-sexo (todos $p < 0,05$). O ajuste posterior para uma série de características antropométricas, de estilo de vida e clínicas revelou que o IMC, o LDL-c, o CT e os TG estavam positivamente associados à atividade de BChE no soro, demonstrando associação positiva da atividade da BChE sérica com o IMC, LDL-c, CT e TG, fato que poderia indicar a hipótese para um novo marcador de doença aterosclerótica que poderia, juntamente com outros biomarcadores, melhorar o potencial para avaliar risco de doença cardiovascular (VALLIANOU *et al.*, 2014).

Iwasaki *et al.* (2007) investigaram a associação entre a atividade sérica da BChE e os parâmetros de adiposidade, resistência à insulina e perfil lipídico. Nesse estudo, foram selecionados 259 indivíduos japoneses com diabetes mellitus tipo 2 (171 pacientes; idade $60,4 \pm 11,9$ anos; IMC $25,0 \pm 4,4$) e não diabéticos (88 pacientes; idade $54,2 \pm 15,0$ anos; IMC $25,8 \pm 4,7$). A atividade sérica da BChE foi significativamente correlacionada com vários índices de adiposidade, incluindo a CA, área de gordura visceral, área de gordura subcutânea e IMC, e também com o TG, HDL-c, LDL-c e HOMA-R, em toda a população sujeita. Com isso, estes resultados indicam que a atividade sérica da BChE está associada aos parâmetros de adiposidade, perfil lipídico e grau de HOMA-IR.

A atividade da BChE também foi previamente sugerida como um marcador para a SMet em um estudo que examinou a atividade total da BChE em 99 indivíduos obesos (IMC 30 kg/m^2), sendo 28% dos indivíduos com SMet. As comparações destes dados mostram que, além das médias mais elevadas para RCEst, TG, PAS e PAD (variáveis consideradas para o diagnóstico de SMet), o grupo SMet também apresentou médias estatisticamente significativas maiores para idade, IMC, GLI, CT, INS, atividade total BChE, bem como média de HDL-c inferior. Estas atividades da BChE não se comportam como fatores de risco independentes para a SMet, mas podem ser consideradas como marcadores secundários para esta síndrome em obesos (ALCÂNTARA *et al.*, 2005).

A pesquisa de Hussan e Khayat (2014) avaliou mulheres adultas e idosas, e concluiu que o aumento do estresse oxidativo no período da pós-menopausa leva ao aumento concomitante da BChE no soro em comparação com mulheres pré-menopáusicas. Fato que pode ser justificado pela deficiência do hormônio estrogênio, que é regulador do metabolismo lipídico, em conjunto com a atividade da BChE aumentada, pode levar ao desenvolvimento de dislipidemias.

Os resultados do estudo de Calderon-Margalit *et al.* (2006) demonstraram que a atividade enzimática da BChE foi diretamente associada com medidas de sobrepeso, obesidade e distribuição de gordura corporal, porém após ajuste pela regressão, os indivíduos no quintil mais baixo da atividade BChE tiveram mortalidade significativamente maior do que aqueles no quintil mais alto que apresentaram risco de 1,62 para mortalidade por todas as causas e 1,79 para as cardiovasculares. Este foi o primeiro estudo a relatar a relação inversa entre as concentrações da BChE e

mortalidade, porém a associação relativamente forte de BChE com concentrações séricas de lipídios e albumina requerem mais pesquisas.

Pesquisas referem que a atividade da BChE pode ser considerada como marcador de saúde em adultos de meia idade e idosos, pois observaram que a atividade da BChE foi inversamente relacionada à idade (SULZGRUBER *et al.*, 2015; CALDERON-MARGALIT *et al.*, 2006), sendo que outro estudo também demonstrou que as concentrações mais baixas estão associadas ao maior risco de mortalidade (SUN *et al.*, 2016) e doença de Alzheimer (JOSVIK *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017). Enquanto que em concentrações elevadas apresentam correlação direta com os marcadores de obesidade, CA, percentual de gordura, massa gorda e relação cintura-quadril (BENYAMIN *et al.*, 2011). Portanto, a sua presença em quantidades adequadas é vital para o estado de saúde (PYTEL *et al.*, 2017; DI BARI *et al.*, 2016).

Além disso, a BChE tem relações estatisticamente significativas entre variantes do gene BChE e IMC em pesquisa com doadores de sangue Euro-brasileiros obesos e não-obesos, reforçando a hipótese do importante papel do gene BChE na determinação do IMC (FURTADO-ALLE *et al.*, 2008). Outro estudo (OLIVEIRA *et al.*, 2017), em mulheres adultas obesas e não obesas, que avaliou a atividade da BChE e polimorfismos associados com características metabólicas da obesidade, concluiu que um estado lipídico desfavorável parece ser um fator determinante na atividade da BChE e que os polimorfismos influenciam a atividade da BChE e o TG. Entretanto, o mecanismo molecular desta associação permanece incerto, bem como, se a variação da atividade da BChE é causada por anormalidades metabólicas ou se esse transtorno metabólico é secundário à atividade da BChE alterada, sendo provavelmente considerado um sistema tanto de causa quanto de efeito.

Na população infantojuvenil, Chaves *et al.* (2013) examinaram a atividade da BChE em relação às variáveis antropométricas e bioquímicas associadas à obesidade em adolescentes (120 obesos e 150 não obesos de Curitiba). Os pesquisadores encontraram valores na atividade média da BChE (KU/L) significativamente maiores em adolescentes obesos quando comparados com adolescentes não obesos e com a população em geral. Logo, a atividade da BChE aumentada pode estar associada a hipertrigliceridemia em adolescentes obesos, devido ao seu efeito na redução da atividade da BChE e diminuição da capacidade enzimática de manter a homeostase no metabolismo lipídico durante o estresse metabólico causado pela obesidade.

Portanto, existe associação do aumento da atividade da BChE com dislipidemias em adolescentes obesos (CHAVES *et al.*, 2013) e, como consequência, existe a formação de placas ateromatosas e a progressão da aterosclerose coronariana em adultos (SHINDE; GANU; NAIK, 2012). Diante disso, as alterações enzimáticas da BChE em fase precoce podem predispor à disfunção endotelial, tema que será abordado no próximo tópico.

2.4 DISFUNÇÃO ENDOTELIAL

A disfunção endotelial representa principal fator inicial no desenvolvimento da aterosclerose (PIRES *et al.*, 2015), sendo que os estágios iniciais do processo aterosclerótico podem ser detectados em crianças obesas por meio da avaliação da espessura íntima-média (EMI) dos vasos arteriais periféricos, que pode estar aumentada nesta população (COTE *et al.*, 2015) e são consideradas como medida de aterosclerose subclínica em crianças e adolescentes (PARK *et al.*, 2015). Em adultos, existe a classificação de risco conforme os valores obtidos nas medidas da EMI das artérias carótidas (FREIRE *et al.*, 2015) e, quando estão aumentados, podem revelar a presença de placa carotídea, fator considerado como agravante para doenças cardiovasculares (SBC, 2013).

A aterosclerose é caracterizada como processo patológico complexo que leva a formação de placas calcificadas contendo núcleos necróticos, acumulação de lipídeos e leucócitos e a inflamação do músculo liso, nas paredes das artérias, desencadeando processo inflamatório e que pode provocar o surgimento dos fatores de risco para DCV (LIMA; ROMALDINI; ROMALDINI, 2015). Além disso, a frequência de obesidade em idade precoce pode contribuir para a aterosclerose e DCV em adultos (OLIVEIRA; FISBERG, 2003). Um artigo de revisão encontrou estudos longitudinais preocupados em identificar anormalidades nas artérias e avaliar o risco cardiovascular em crianças com obesidade (COTE *et al.*, 2013). Alterações que alertam para a existência de efeitos cumulativos e da importância do tempo de exposição aos fatores de risco, o que acarreta problemas de saúde no sistema cardiovascular na vida adulta (LI *et al.*, 2003).

O estudo *Bogalusa Heart* demonstrou que os fatores de risco cardiovasculares presentes na infância são preditores de doença arterial coronariana na idade adulta e, entre os fatores de risco, o LDL-c e IMC medido na infância foram

encontrados para prever o aumento da EMI em adultos jovens (FREEDMAN *et al.*, 2009). Eventos cardiovasculares ou morte por doença cardiovascular raramente ocorrem na população infanto-juvenil, porém, alterações no sistema cardiovascular podem ser identificadas em idade precoce (DOYON *et al.*, 2014). Crianças com fatores de risco cardiovasculares, como obesidade, HAS (OIKONEN *et al.*, 2016) ou doença renal crônica apresentaram EMI de artéria carótida aumentada, em comparação a crianças saudáveis (BRADY *et al.*, 2012). Além disso, independentemente de sexo e IMC, a EMI é constante em crianças saudáveis abaixo dos 10 anos de idade, aumentando na adolescência (BARONCINI; SYLVESTRE; PECOITS FILHO, 2016).

A predisposição familiar para DCV, dislipidemias, HAS e DM2, bem como fatores de estilo de vida como obesidade, inatividade física e tabagismo são fatores de risco considerados significativos para o desenvolvimento acelerado da aterosclerose. Estudos de coorte da população em geral, como Framingham Heart Study (MAHMOOD *et al.*, 2013) e Young Finns (LAITINEN *et al.*, 2015) têm ajudado na identificação desses fatores. Para Romaldini *et al.* (2004), fatores de risco para aterosclerose em crianças e adolescentes com história familiar de doença arterial coronariana prematura também devem ser identificados o mais precoce possível, para que sejam adotados programas preventivos de saúde na infância.

Pires *et al.* (2015), com objetivo de investigar a relação entre a contagem de células progenitoras endoteliais circulantes e a ativação endotelial em uma população pediátrica com obesidade, realizaram estudo observacional e transversal, incluindo 120 crianças e adolescentes com obesidade e o grupo controle com 41 crianças e adolescentes com IMC normal, com idades entre 6-17 anos. A contagem de células progenitoras endoteliais circulantes foi elevada em crianças e adolescentes obesos com evidência de ativação endotelial, sugerindo que, durante a infância, mecanismos de reparação endotelial estão presentes no contexto da ativação endotelial correlacionados diretamente com a PAS ($p < 0,001$) e o IMC ($p < 0,001$).

A rigidez arterial é considerada uma das primeiras medidas detectáveis de dano vascular em idosos (BRANDÃO *et al.*, 2017), porém existe controvérsia na literatura sobre os efeitos da obesidade infantil na rigidez arterial. Revisão sistemática e metanálise (COTE *et al.*, 2015), com objetivo de comparar medidas de rigidez arterial central em crianças e adolescentes obesos e não obesos, encontrou associação entre a obesidade e maior rigidez arterial, porém esses resultados devem

ser interpretados com cautela pelo fato que não foi conseguido controlar o estágio maturacional.

Para controlar o processo inflamatório, inúmeros tratamentos estão sendo estudados, dentre eles, a terapia não medicamentosa com treinamento físico o qual tem apresentado resultados favoráveis em adultos com excesso de peso (BEAVERS; BRINKLEY; NICKLAS, 2010), pois a disfunção na secreção de adipocinas pró-inflamatórias como TNF- α e leptina e diminuição da síntese de adipocinas anti-inflamatórias como adiponectina e IL-10 (InterLeucina-10) induzem ao início da cascata de eventos de processo inflamatório de baixo grau, e provocam aumento do volume da célula adiposa e infiltração e ativação dos macrófagos do tipo M1 ao nível dos adipócitos (OUCHI *et al.*, 2011).

Silva *et al.* (2014), com objetivo de verificar a relação entre EMI de artéria carótida, perfil metabólico, marcadores inflamatórios e ACR em crianças e adolescentes obesos e não-obesos, avaliaram 35 sujeitos obesos e 18 não obesos, com idade entre 10-16 anos. Os resultados mostraram que os valores de EMI de artéria carótida, TG, INS, HOMA-IR e PCR foram significativamente maiores no grupo obeso do que no grupo não obeso, e HDL-c, adiponectina, e os valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ foram significativamente menores no grupo obeso do que no grupo não obeso.

A EMI de artéria carótida foi diretamente correlacionado com o peso corporal, CA, % de gordura corporal e HOMA-IR e inversamente correlacionado com % de massa gorda livre, HDL-c e $VO_{2m\acute{a}x}$. Com isso, alterações da EMI de artéria carótida estão correlacionadas com aumentos na adiposidade corporal, nas concentrações de lipídeos, marcadores inflamatórios e HOMA-IR, bem como baixos valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ (SILVA *et al.*, 2014). Este resultado confirma a importância da atividade física regular para prevenir doenças cardiovasculares e estudos longitudinais são necessários para determinar se o aumento da ACR está associado à melhora da EMI de artéria carótida durante a adolescência.

Não está claro como comportamento sedentário (SED), atividade física (AF) e ACR influenciam a estrutura vascular em crianças de diferentes tamanhos corporais. Estudo de Mello *et al.* (2015) examinou se existem associações entre SED, PA e AT com EMI e gordura abdominal. A ACR foi relacionada ao EMI independentemente de AF moderada a vigorosa e SED ($p < 0,05$), porém quando a CA foi adicionada ao modelo, a ACR não apresentou associação EMI ($p > 0,05$). Pode-se concluir que a modelagem completa de SED, AF moderada a vigorosa, ACR e CA revelou que a

adiposidade regional parece ter o maior papel na estrutura arterial das crianças ($p < 0,05$).

O treinamento físico pode diminuir a espessura da parede arterial em indivíduos assintomáticos saudáveis, bem como em indivíduos com fatores de risco cardiovascular que demonstram a maior espessura da parede arterial a priori. No entanto, existem diferenças entre as artérias, uma vez que o exercício de treinamento tem efeitos mais pronunciados sobre as grandes artérias periféricas do que as carótidas. Pouco se sabe sobre a duração, o tipo e a intensidade do treinamento físico necessário para induzir benefícios ótimos na parede arterial e não está claro se esses efeitos diferem entre indivíduos saudáveis e grupos clínicos. Identificar esses estímulos ajudará na concepção e recomendação de melhores protocolos de treinamento de exercícios para atenuar a carga e risco de aterosclerose (THIJSEN; CABLE; GREEN, 2012). Em função disso, há necessidade de controlar o excesso de peso na população para evitar problemas de saúde e a evolução para a aterosclerose e desenvolvimento de doenças cardiometabólicas (RADOVANOVIC *et al.*, 2014; AZEVEDO; BRITO, 2012).

Portanto, como a prevalência de sobrepeso e obesidade infantil tornou-se problema de saúde pública em todo o mundo, há necessidade urgente de implementar políticas/programas para reduzir a prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças e adolescentes (AYER *et al.*, 2015; ELÍAS-BONETA *et al.*, 2015). Com base no conceito de que a obesidade é uma doença genética, metabólica e modificada por fatores ambientais, a prática de atividade física regular e hábitos alimentares saudáveis associados são tradicionalmente tratados como a solução para a obesidade infantil (FISBERG *et al.*, 2016; STONER *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2015; POETA *et al.*, 2013). Dessa forma, a terapêutica na obesidade que engloba a prática de atividades físicas regulares (LEITE *et al.*, 2009b), será o tema abordado no próximo tópico, destacando-se os aspectos relacionados aos diferentes tipos de exercício físico e as respostas terapêuticas em indivíduos obesos.

2.5 EXERCÍCIO FÍSICO

A prática de AF é o meio de prevenção de doenças não transmissíveis, a redução dos fatores de risco cardiovasculares, câncer e diabetes (CORREA *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2011). Entre os benefícios da prática regular estão o aumento

do consumo de oxigênio do músculo cardíaco e melhora da perfusão microvascular periférica, evitando assim o desenvolvimento da aterosclerose (GHISI *et al.*, 2010), bem como, as medidas de PA permanecem mais adequadas (MOSER *et al.*, 2011), enquanto as concentrações de TG diminuem e o HDL-c aumenta (LEITE *et al.*, 2009b). Contudo, o nível de AF de crianças e adolescentes está diminuindo no Brasil, e isso pode aumentar os riscos de doenças associadas ao estilo de vida sedentário e obesidade (CUNHA *et al.*, 2016).

O excesso de peso corporal interfere no desempenho físico de adolescentes e, conseqüentemente, na aptidão física e na capacidade cardiorrespiratória. Com objetivo de identificar e comparar valores de variáveis cardiorrespiratórias no limiar anaeróbico ventilatório (LAV), um estudo com 140 escolares do município de Vitória/ES, entre 10 e 14 anos, foram divididos em dois grupos (grupo peso normal-GPN e grupo excesso de peso-GEP). O GPN apresentou valores significativamente maiores no LAV para $VO_{2ml.kg^{-1}.min^{-1}}$ ($20,0 \pm 6,4$ vs. $15,8 \pm 5,7$) e velocidade no teste cardiopulmonar ($7,1 \pm 0,9 km/h$ vs. $6,2 \pm 1,1 km/h$), e para o $VO_{2máx}$ ($44,6 \pm 7,6$ vs. $36,0 \pm 6,4$) quando comparado ao GEP. Com isso, os resultados sugerem que adolescentes com excesso de peso apresentam ACR fraca ao nível máximo e submáximo do LAV no teste cardiopulmonar, quando comparados aos adolescentes com peso normal, informações importantes para a prescrição de exercícios físicos com intensidades mais apropriadas para essa população (GOMES; CARLETTI; PEREZ, 2014).

Em relação a função cardiovascular, estudo com 20 crianças, de 9 a 12 anos de idade, de ambos os sexos, encontrou que a maior parte das crianças com IMC inferior a $20 kg/m^2$ apresentaram $VO_{2máx}$ maior que $45 ml/kg/min$, enquanto as que apontaram IMC superior a $20 kg/m^2$, apresentaram $VO_{2máx}$ inferior a $40 ml/kg/min$. Esses achados alertam que crianças obesas com menor aptidão física cardiorrespiratória, demonstram sobrecarga cardíaca diária mesmo na condição de repouso, em decorrência da maior adiposidade (WELZ *et al.*, 2010).

Kelishadi *et al.* (2013) encontraram que a inatividade física é fator de risco cardiometabólico e alertam para intervenções no combate à obesidade pediátrica e seus fatores associados, a fim de evitar riscos futuros de SMet e doenças crônicas não transmissíveis. O diagnóstico dos fatores de risco cardiometabólicos em adolescentes obesos pode aumentar o engajamento na prática de atividades físicas e de suas famílias com objetivos de tratar a obesidade (BOODAI *et al.*, 2014). Entretanto, a literatura ainda é controversa quanto à intensidade de esforço

necessária para provocar alterações protetoras significativas na função endotelial. Da mesma forma, exercícios intensos estão também relacionados ao aumento no consumo de oxigênio e ao consequente aumento na formação de radicais livres de oxigênio (PINHO *et al.*, 2010).

As recomendações de novas prescrições de exercícios físicos devem ser incorporadas a vida diária e ser componente integral no desenvolvimento de futuras terapias para a prevenção e tratamento de doenças crônicas relacionadas à inatividade. Assim, se alcançados esses objetivos, haverá redução simultânea do peso corporal e dos gastos públicos, que estavam associados ao estilo de vida inativo (GIBALA *et al.*, 2012). Estudo de revisão sistemática que incluiu 55 artigos de intervenções com exercício físico para prevenir a obesidade, encontrou como resultado pequena redução relativa ao IMC (0,5-0,8%), porém significativa redução de peso (0,2-0,3 kg) durante vários períodos de intervenção. Na maioria dos artigos, a duração das intervenções foi de 12 semanas, em função disso, os autores ressaltaram que ainda é desconhecida a possibilidade de uma maior redução de peso por meio de intervenções mais longas (LOBSTEIN *et al.*, 2015).

As modificações no estilo de vida são estratégias de combate e prevenção à obesidade e saúde cardiovascular, principalmente em crianças obesas. Estudo com exercícios físicos aeróbios de intensidade moderada a vigorosa por 60 minutos, 3 dias por semana, durante 6 semanas e aconselhamento nutricional, em 35 crianças obesas, proporcionaram diminuição do IMC, CA, % de gordura corporal e aumento da dilatação mediada pelo fluxo ($p < 0,05$), porém a melhora na EMI não atingiu significância estatística, fato que ser explicado pelos participantes permanecerem na classificação de sobrepeso após a intervenção. Portanto, uma condição de estresse inflamatório comum associada à obesidade infantil, com depósito de gordura abdominal, pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento dos primeiros estágios de processos inflamatórios pró-ateroscleróticos e de disfunção vascular e, reversíveis com dieta de curto prazo e intervenção com exercício físico, mesmo quando os pacientes não estão com o peso corporal ideal (KELISHADI *et al.*, 2008).

Outro tipo de prática física são os exercícios realizados dentro da água. Os efeitos de exercícios físicos aquáticos e orientação nutricional sobre a composição corporal em crianças e adolescentes obesos foram estudados em 30 obesos com IMC acima do percentil 95, entre 10 e 16 anos, divididos em dois grupos: grupo com

iniciação e aprendizagem à natação (GNat, n=10) e grupo com caminhada aquática em suspensão (Gcam =20). O programa consistiu de 12 encontros para a orientação nutricional e 36 sessões de exercício físico. Após 12 semanas, o GCam apresentou redução significativa do IMC, IMC-z, gordura relativa e absoluta e aumento da massa corporal magra relativa e absoluta. Quando comparados os grupos, houve diferenças significativas para o GCam quanto à redução da gordura corporal ($p = 0,014$) e aumento da massa magra ($p= 0,006$) em relação ao GNat. Logo, o programa de caminhada aquática em suspensão aliado a um programa nutricional, pode resultar em importantes modificações na composição corporal de crianças e adolescentes obesos pela característica cíclica da atividade em relação ao grupo de aprendizado de natação (LEITE *et al.*, 2010).

Exercícios aquáticos são recomendados para pessoas obesas devido a redução do impacto articular. Outro estudo com atividades dentro d'água, proposto por Lopes *et al.* (2015), com objetivo de verificar o efeito de um programa de caminhada/corrida aquática em suspensão (CAS), com ou sem orientação nutricional (ON), nas variáveis antropométricas e metabólicas, avaliou 73 crianças e adolescentes obesos, entre 10 a 16 anos, que foram divididos aleatoriamente em três grupos: Grupo CAS e ON (GEON; n=23), Grupo CAS (GEX; n=22) e Grupo controle (Controle; n=28). Os participantes dos grupos de caminhada aquática em suspensão (GEON e GEX) realizaram as atividades desenvolvidas durante 12 semanas, três sessões semanais durante uma hora de duração. Os resultados mostraram que a distância percorrida por sessão aumentou e observou-se redução no CT no GEON ($p<0,05$) após o treinamento. Com isso, este tipo de treinamento pode ser considerado alternativa para a melhora da aptidão física e aliado a orientação nutricional, mostrou-se eficaz para redução do colesterol.

A intervenção multidisciplinar é alternativa para o tratamento de crianças e adolescentes com excesso de peso também quando é realizada a prática de exercícios terrestres. Leite *et al.* (2013), examinaram os efeitos de uma intervenção multidisciplinar de 12 semanas sobre a saúde metabólica em meninas com sobrepeso. A intervenção nutricional envolveu uma análise qualitativa e quantitativa da ingestão de alimentos do participante para controle da dieta. Os exercícios aeróbicos consistiram de três vezes por semana, de 45 minutos de ciclismo indoor, 45 minutos de caminhada/corrida ao ar livre e 20 minutos de alongamento. Após 12 semanas, 59 meninas completaram a pesquisa (grupo de intervenção: n=43; grupo controle: n=16),

as meninas do grupo intervenção aumentaram o HDL-c e diminuíram o IMC, CA e TG. Portanto, a intervenção multidisciplinar baseada no treinamento aeróbio produziu benefícios substanciais em indicadores de saúde metabólica em meninas com sobrepeso.

A obesidade está associada à baixa aptidão e gera conseqüências metabólicas adversas em população pediátrica. Para investigar a prática de exercício físico e as modificações no estilo de vida, 21 indivíduos obesos, com média de idade de $13,0 \pm 1,9$ anos, receberam conselhos sobre estilo de vida saudável e foram divididos em dois grupos: exercício supervisionado em casa ($n=10$) e grupo controle ($n=11$), três vezes por semana durante 8 semanas. Os sujeitos realizaram 20 minutos de treinamento aeróbio em uma bicicleta estacionária em 60% a 80% da frequência cardíaca de reserva, e combinações de alongamento e exercícios de treinamento de resistência daqueles disponíveis no Wii Fit (Nintendo Company Limited, Kyoto Japão) por até 25 minutos por sessão. O exercício físico melhorou a aptidão cardiorrespiratória ($p=0,03$) e a sensibilidade à insulina entre todos os indivíduos em resposta aos conselhos de modificação do estilo de vida ($p=0,01$) (McCORMACK *et al.*, 2014).

Outro estudo (TJONNA *et al.*, 2009), que utilizou a combinação de abordagem multidisciplinar (AM) e os efeitos do treinamento aeróbico intervalado (TAI) sobre fatores de risco cardiovasculares em adolescentes com excesso de peso, avaliou 54 adolescentes de um hospital da Noruega, com idade de $14,0 \pm 0,3$ anos. A amostra foi randomizada para TAI (caminhada/corrida em uma esteira inclinada, intervalos de 4×4 minutos a 90% da frequência cardíaca máxima, cada intervalo separado por 3 min a 70%, dando um total de 40 minutos, duas vezes por semana durante 3 meses) ou AM (exercício, aconselhamento dietético e psicológico, duas vezes por mês durante 12 meses). Após as 12 semanas, o VO_{2max} e a função endotelial melhoraram mais no TAI em comparação ao AM, além de reduzir o IMC, porcentagem de gordura, a pressão arterial média e induzir uma regulação mais favorável da glicemia e insulina após o TAI comparado com o AM. Em conclusão, três meses de sessões de exercício aeróbico intervalado de alta intensidade, duas vezes por semana reduziram vários fatores de risco cardiovasculares conhecidos em adolescentes obesos mais do que os observados após uma estratégia de multidisciplinar iniciada em hospital, encorajando estudos multicêntricos maiores a serem realizados usando o mesmo protocolo de resistência.

A prática de exercícios físicos combinados também é utilizada para proporcionar alterações nos fatores de risco cardiovasculares em adolescentes obesos. Um ensaio clínico realizado por Antunes *et al.* (2013), com objetivo de analisar os efeitos de 20 semanas de treinamento concorrente sobre as variáveis da composição corporal, perfil lipídico e diagnóstico da esteatose hepática, avaliou 34 adolescentes obesos, com idades entre 12 e 15 anos. O treinamento concorrente consistiu de 30 minutos de exercícios de resistência com pesos, sob a forma de circuito, com séries de 15 a 20 repetições e um a dois minutos de descanso entre os exercícios, três vezes por semana, e 30 minutos de atividades aeróbicas (andando ou correndo). Os adolescentes apresentaram melhoras significativas na composição corporal, com diminuição do percentual de gordura total, da massa gorda total, da gordura de tronco e do aumento da massa magra, além de redução do tamanho dos lóbulos do fígado, dos índices de prevalência da esteatose hepática, do CT e LDL-c. Sendo assim, o treinamento concorrente foi efetivo por promover melhorias significativas nas variáveis da composição corporal e do perfil lipídico, além de reduzir a prevalência da esteatose hepática.

Com objetivo de analisar o efeito de 16 semanas de treinamento concorrente na densidade mineral óssea e possíveis modificações na quantidade de gordura visceral em jovens obesos, Agostinete *et al.* (2015) avaliaram amostra que foi composta por 19 adolescentes ($13,63 \pm 1,26$ anos) de ambos os sexos. As sessões de treinamento concorrente (60 minutos de duração) ocorreram três vezes por semana e compostas por 50% do tempo de atividade aeróbia (caminhadas e corridas respeitando a zona aeróbica de treinamento de 65% a 85% da frequência cardíaca máxima) e 50% de treinamento resistido em academia (iniciou com 40% da carga máxima e ocorreu incremento de 5% na carga a cada mês para exercícios realizados sem carga [dorsal e abdominal] sendo adotadas 15 repetições iniciais e incremento de cinco repetições a cada mês). Após o treinamento, foi possível observar redução de gordura tronco (%) ($p=0,038$) e gordura intra-abdominal (cm) ($p=0,007$) e aumento de conteúdo mineral ósseo (g) ($p=0,001$). Porém, não houve associação significativa entre os indicadores de adiposidade central e a densidade/conteúdo mineral ósseo em ambos os momentos de avaliação do estudo

Outro estudo (LOPES *et al.*, 2016), que investigou os efeitos do treinamento combinado sem restrição calórica sobre marcadores inflamatórios em 33 meninas com sobrepeso (13 a 17 anos de idade), dividiu os participantes em três grupos:

sobrepeso/treino ($n = 17$), sobrepeso/controle ($n = 16$) e peso normal ($n = 15$). O programa de treinamento combinado consistiu de seis exercícios de resistência (três séries de 6-10 repetições em 60-70% 1 RM) seguido de 30 min de exercício aeróbico (caminhada/corrida) a 50-80% de VO_{2pico} , realizado nos mesmos 60 minutos da sessão, 3 dias/semanas, durante 12 semanas. Os resultados apresentaram diminuição significativa da gordura corporal ($p < 0,01$) e aumento da massa sem gordura ($p < 0,01$) e VO_{2pico} ($p < 0,01$) no grupo sobrepeso/treino. Concomitantemente, este grupo apresentou diminuições significativas nas concentrações séricas de PCR ($p < 0,05$) e leptina ($p < 0,05$), bem como na HOMA-IR ($p < 0,05$) após o período de intervenção.

A modalidade de exercício físico para redução da obesidade abdominal e fatores de risco para diabetes mellitus tipo 2 na juventude é desconhecida. Estudo que examinou os efeitos do exercício aeróbico *versus* exercício de resistência, sem restrição calórica, na adiposidade abdominal, gordura ectópica, e sensibilidade e secreção de insulina na juventude, contou com 43 adolescentes obesos do sexo masculino que foram aleatoriamente designados para uma das três intervenções: exercício aeróbico (EA) ($n=16$; $15,2 \pm 1,9$ anos), exercício de resistência (ER) ($n=16$; $14,6 \pm 1,5$), ou um controle ($n=13$; $14,8 \pm 1,4$ anos). O programa de EA exigia que os participantes exercitassem três vezes por semana durante 60 min/sessão (incluindo 5 min de aquecimento e 5 min de arrefecimento) com esteiras, elípticos ou bicicletas estacionárias, aumentando progressivamente em duração e intensidade, começando em 40 min a 50% de VO_{2pico} , aumentando até 60 min a 60-75% de VO_{2pico} na segunda semana e, o programa de ER incluiu uma série de 10 exercícios, três vezes por semana durante 60 min/sessão (LEE *et al.*, 2012).

Nesse estudo (LEE *et al.*, 2012), durante as primeiras 4 semanas, os participantes realizaram um ou dois conjuntos de 8-12 repetições a 60% do máximo de repetição de referência (1RM) com técnicas de elevação adequadas. Durante as semanas 4-12, os indivíduos realizaram dois conjuntos de 8-12 repetições para a fadiga. Os indivíduos levavam 1-2 minutos de descanso entre os conjuntos ou máquinas. Tanto o EA como o ER não obtiveram ganho de peso significativo e apresentaram reduções significativas na gordura total e visceral e nos lípidos intra-hepáticos, comparado com o grupo controle. Somente o grupo ER apresentou melhora significativa na sensibilidade à insulina (27%), e as alterações na gordura visceral foram associadas a alterações nos lipídios intra-hepáticos ($r = 0,72$) e

sensibilidade à insulina ($r = 20,47$), quando comparado com os controles. Contudo, ambos EA e ER sozinhos são eficazes para reduzir a gordura abdominal e lipídeos intra-hepáticos em adolescentes obesos.

A prática regular de exercícios físicos é clinicamente comprovada, seu custo-benefício e intervenção primária, em muitos casos, impede o início de muitas doenças crônicas. No entanto, o tipo e dose de exercícios necessários para acumular benefícios para a saúde é uma questão controversa, sem recomendações consensuais claras para a prevenção de distúrbios relacionados à inatividade e doenças crônicas. Tais achados são importantes, uma vez que a "falta de tempo" continua a ser a barreira mais comumente citada para a participação regular no exercício (GIBALA *et al.*, 2012).

Nos últimos anos, há várias publicações que têm apoiado a eficácia do HIIT na promoção de efeitos positivos relacionados à saúde em adultos saudáveis (BABRAJ *et al.*, 2009), adultos com doença arterial coronariana (CORNISH; BROADBENT; CHEEMA, 2011) e pacientes com doenças cardiometabólicas do estilo de vida (WESTON; WISLØF; COOMBES, 2013). Com isso, García-Hermoso *et al.* (2016), realizaram estudo de meta-análise com objetivo de determinar a efetividade das intervenções do HIIT sobre fatores de risco cardiometabólicos e capacidade aeróbia em jovens com sobrepeso e obesidade, em comparação com outros tipos de exercício. Para a pesquisa, foi usada sete bases de dados e restrita a estudos que analisaram o efeito das intervenções HIIT sobre a capacidade cardiometabólica e/ou aeróbica na obesidade pediátrica (6-17 anos). Foram revisados 50 estudos e 9 estudos foram incluídos para a leitura completa, pois apresentavam desenho experimental com triagem randomizada e controlada (RCT). Os programas de HIIT eram realizados com caminhada/corrida ou somente corrida ou ciclismo. Muitos protocolos diferentes quanto ao número de sessões e duração de cada exercício, com diferentes intervalos entre as séries. A maior parte dos estudos ($n=6$, 2/3) apresentaram duração maior do que 12 semanas.

Os resultados principais encontrados por essa metanálise foram a diminuição significativa na PAS e aumento no $VO_{2máx}$ com os protocolos de HIIT em comparação aos outros EF. As demais variáveis apresentaram respostas semelhantes aos EF aeróbios moderados. Os autores concluíram que o HIIT é uma opção para crianças e adolescentes por apresentar melhor efeito sobre algumas variáveis cardiometabólicas (diminuição da PAS e aumento do $VO_{2máx}$) do que EF aeróbio moderado, o tempo

menor de execução, apresentou maior adesão do que os protocolos de longa duração (4 estudos reportaram adesão > que 80%) e as intervenções de HIIT \geq do que 12 semanas proporcionam resultados maiores no aumento do $VO_{2\text{máx}}$ do que protocolos menores que 12 semanas (GARCÍA-HERMOSO *et al.*, 2016).

O HIIT consiste em sessões de exercícios de alta intensidade intercaladas por intervalos de descanso entre cada conjunto (GIBALA *et al.*, 2012). A prescrição do HIIT consiste em manipular algumas das nove variáveis (por exemplo, intensidade e duração do intervalo de trabalho, intensidade e duração do intervalo de alívio, modalidade de exercício, número de repetições, número de séries, duração da recuperação entre séries e intensidade). Por esta razão, as intervenções do HIIT para crianças com sobrepeso e obesidade são heterogêneas e, até o momento, a combinação mais adequada para maximizar as melhorias de saúde não é conhecida. Embora existam vários estudos que visam avaliar a eficácia do HIIT na melhora do risco cardiometabólico em crianças e adolescentes, devido à heterogeneidade de suas metodologias, a evidência que cada um desses estudos fornece não parece suficiente para fazer recomendações. Isso é especialmente relevante por causa do crescente interesse por esse tipo de exercício nos últimos anos e pelos alarmantes números de prevalência de obesidade infantil (NG *et al.*, 2014).

Um protocolo intermitente alternativo mostrou aumento acentuado na capacidade do corpo inteiro e do músculo esquelético para a oxidação de ácidos graxos (TALANIAN *et al.*, 2007) com 10 intervalos de exercício mais longos [$p < 90\%$ de absorção de oxigênio ($VO_{2\text{pico}}$)], cada um com duração de 4 min intercalados com 2 min de repouso em uma população de indivíduos sem treinamento, sem qualquer relatório dos resultados negativos associados com sprints Wingate. Além dos benefícios para a saúde associados aos protocolos de exercícios intermitentes, também foi relatado como "mais agradável" do que o exercício contínuo de intensidade moderada em homens jovens saudáveis (BARTLETT *et al.*, 2011).

Koubaa *et al.* (2013) avaliaram as respostas cardiorrespiratórias e a tolerância ao exercício durante o treinamento de 12 semanas (intermitente vs. contínuo) em crianças obesas. Para isso foram alocados 29 adolescentes obesos ($13 \pm 0,8$ anos) divididos nos grupos TI (treinamento intermitente) ou TC (treinamento contínuo). O grupo TC realizou exercícios contínuos de 30 a 40 minutos de 60% a 70% de $vVO_{2\text{máx}}$. O grupo TI foi instruído a correr durante 2 min intercalados com períodos de

recuperação de um minuto. A intensidade do exercício foi de 80% da vVO_{2max} aumentada em 5% a cada quatro semanas.

Nesse estudo, ao longo do período de treinamento, o aumento da carga foi realizado pela intensidade e número de repetições. No início e após 12 semanas de intervenção, a aptidão cardiorrespiratória, a composição corporal e os parâmetros lipídicos foram avaliados. A melhora do peso corporal e massa de gordura foi significativamente menor durante o exercício intermitente em relação ao exercício contínuo em adolescentes obesos. Após o programa de TC, foram observados efeitos benéficos significativos na razão HDL-c, relação LDL-c / HDL-c, Razão CT / HDL-c. A capacidade cardiorrespiratória melhorou no TI *versus* TC, como também PAS e VO_{2max} .

Um estudo de Araújo *et al.* (2012) comparou duas modalidades de treinamento físico (Treinamento de Resistência-TR e Treinamento Intervalado de Alta Intensidade-HIIT) sobre parâmetros relacionados à saúde de 30 crianças obesas, com idade entre 8 e 12 anos. O grupo TR realizou um exercício contínuo de 30 a 60 minutos a 80% da frequência cardíaca máxima (FC). O grupo HIT realizou 3 a 6 séries de sprint de 60 segundos a 100% da velocidade máxima intercaladas por um período de recuperação ativa de 3 minutos a 50% da velocidade de exercício por 12 semanas de intervenção.

Os dois tipos de intervenção apresentaram resultados significativamente melhores nas variáveis de VO_2 pico absoluto (TR: 26,0%; HIIT: 19,0%), VO_2 pico relativo (TR: 13,1%; HIIT: 14,6%), o tempo total de exercício (TR: 19,5%, HIIT: 16,4%) e a velocidade máxima durante o teste cardiorrespiratório máximo (TR: 16,9%, HIIT: 13,4%). A INS (TR: 29,4%, HIIT: 30,5%) e o HOMA-IR (TR: 42,8%, HIIT: 37,0%) foram significativamente menores para ambos os grupos após a intervenção. A MC foi significativamente reduzida no HIIT (2,6%) e o IMC reduziu significativamente em ambos os grupos após a intervenção (TR: 3,0%, HIIT: 5,0%), concluindo que HIIT e TR foram igualmente eficazes na melhoria de importantes parâmetros relacionados à saúde em crianças obesas. A vantagem do HIIT está no fato de que este tipo de treinamento é menos demorado e potencialmente motivacional, capaz de promover adaptações de saúde na obesidade juvenil.

Até o momento, foram encontrados somente dois estudos publicados que abordam o efeito da prática de exercícios físicos aeróbicos sobre a atividade da BChE (MILANO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2012). A pesquisa de Milano *et al.* (2013), sobre a atividade da BChE e fatores de risco cardiovascular, foi conduzida com 24

adolescentes obesos ($12,06 \pm 2,01$ anos) e 51 adolescentes eutróficos ($18,82 \pm 0,62$ anos) como controles, com aplicação de programa de exercício físico, que consistiu em 12 semanas de atividades aeróbias, três vezes por semana, com cada sessão consistindo em 110 min (45 min de caminhada, 45 min de ciclismo *indoor* e 20 min de alongamento).

No estudo de Milano *et al.* (2013), a faixa de treinamento individualizada para a caminhada e o ciclismo *indoor* foi calculada a partir da frequência cardíaca máxima e do $VO_{2\text{máx}}$ obtidos em testes ergométricos. O ciclismo *indoor* e a caminhada iniciaram-se na intensidade entre 35% e 55% da FC de reserva (FCR), aumentando para 45% a 65%, na 5ª a 8ª semana, atingindo entre 55% e 75% da FCR na 9ª a 12ª semana. Após a intervenção de 12 semanas, houve redução significativa no IMC, CA, %G, PAD, PAD, TG, INS e na atividade da BChE. Com isso, a redução da atividade da BChE, observada após a intervenção, foi acompanhada da redução de variáveis associadas a risco cardiovascular e à obesidade, demonstrando que a BChE pode ser utilizada como marcador secundário para os riscos associados à obesidade precoce.

Silva *et al.* (2012), com objetivo de verificar os efeitos do exercício físico na BChE em 54 adolescentes obesos ($12,6 \pm 2,01$ anos), utilizaram exercícios aeróbicos com duração de 50 a 100 min durante as primeiras quatro semanas com intensidade fixada em 35% -55% do $VO_{2\text{pico}}$, aumentando para 55% -75% durante as próximas oito semanas. Uma amostra de 45 adolescentes não obesos ($13,3 \pm 2,15$ anos) foi utilizada para medir a atividade BChE plasmática. Foi demonstrado que, antes do exercício físico, a atividade média de BChE no plasma era significativamente maior em adolescentes obesos do que em adolescentes não obesos e que foi significativamente reduzida após a prática de exercícios aeróbicos, tornando-se similar à encontrada em adolescentes não obesos. O perfil lipídico e CA também mudaram em resposta ao exercício.

Portanto, novas pesquisas que focalizem a prevenção e o tratamento de crianças e adolescentes obesos são fundamentais para evitar as comorbidades associadas, sendo que o exercício físico regular tem sido a terapêutica mais indicada para reduzir o excesso de peso na população infantojuvenil (KELLEY; KELLEY; PATE, 2014), as dislipidemias (PINHO *et al.*, 2010), a disfunção endotelial (KRUGER *et al.*, 2015) e a atividade da BChE (MILANO *et al.*, 2013). Os exercícios HIIT têm se destacado por maior adesão (BOUTCHER, 2011) e sendo indicado para aqueles que referem não apresentar tempo disponível para a prática de atividades físicas regulares

(GARCÍA-HERMOSO *et al.*, 2016). Os exercícios aeróbicos tradicionais têm sido apontados como mais benéficos para a saúde (LEITE *et al.*, 2009b), porém o tratamento da obesidade apresenta muitas barreiras, sendo que a implantação de novas abordagens com outros tipos de exercícios físicos, pode se caracterizar como estratégia para reduzir a aversão e promover a permanência ao tratamento (BEAN *et al.*, 2014).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Este estudo é de abordagem quantitativa, de natureza aplicada e de caráter experimental e de controle (GIL, 2008) com aplicação do treinamento HIIT em adolescentes obesos.

3.2 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Um cálculo amostral foi realizado e obteve-se tamanho amostral mínimo necessário de 9 participantes para um grupo e 8 participantes no outro grupo (n total = 17), foi calculado para um α de 0,05, β de 0,80 e tamanho de efeito mínimo de 0,20. Para tal, foi usado o software G*Power3, considerando as mudanças no VO_{2max} de meninas com excesso de peso submetidas a treinamento combinado de 12 semanas (LOPES *et al.*, 2016). Considerando possíveis perdas, participou deste estudo um total de 48 adolescentes pós púberes, entre 10 e 15 anos de idade, selecionados por conveniência.

A amostra foi composta por 48 adolescentes obesos de ambos os sexos, de escolas públicas e particulares do município de Francisco Beltrão/PR, divididas em dois grupos por sorteio, na proporção de 2:1 para o grupo intervenção (GHIIT, $n = 34$) que realizou treinamento intervalado de alta intensidade por 12 semanas, e o grupo controle (GC, $n = 14$) que não realizou nenhum tipo de intervenção, porém recebeu palestras e orientações de qualidade de vida e indicação para resolução de possíveis problemas de saúde com especialistas. A divulgação do projeto foi realizada em escolas e nos meios de comunicação locais (rádio, televisão e jornais) e todos os participantes foram informados sobre os objetivos, os procedimentos da pesquisa e as possíveis eventualidades que os protocolos podem causar (APÊNDICE 1). Os participantes e os responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE 2), após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Paranaense - UNIPAR, de acordo com o 466/12 e

deliberações do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (n° 24403 / 2013) (ANEXO 1).

O processo de seleção dos participantes seguiu os critérios iniciais de inclusão: (1) declarar a boa saúde (não fazer uso de drogas, ou estar sob tratamento para qualquer doença); (2) idade entre 10 e 15 anos; (3) estar regularmente matriculado na escola; (4) possuir diagnóstico de obesidade com referência as curvas de crescimento da Organização Mundial da Saúde (2006); (5) apresentar o TCLE assinado pelos pais ou responsáveis. Os critérios de exclusão foram: (1) apresentar problemas musculoesqueléticos ou deficiência física que impossibilitasse a participação de atividades físicas; e (2) não participar da segunda avaliação física do projeto. Todos os participantes, antes de serem admitidos à pesquisa, foram submetidos a uma avaliação médica com história e exame físico detalhados.

3.3 AVALIAÇÕES FÍSICAS

As técnicas utilizadas para a obtenção das medidas antropométricas foram realizadas de acordo com o Manual de Padronização Antropométrica (LOHMAN; ROCHE; MARTOREL, 1988). Foi elaborada uma ficha de anotações própria para esta pesquisa. A estatura foi avaliada por um estadiômetro com resolução de 0,1 cm, acoplado à balança digital com resolução de 100 gramas, a qual foi utilizada para medir a massa corporal. O índice de massa corporal (IMC) e IMC-z foram calculados, sendo utilizado o programa Anthro Plus, conforme curvas de crescimento da WHO (2010), com livre acesso ao link de download: <http://www.who.int/childgrowth/software>, para classificação de obesidade de meninos e meninas. Para a medida da CA foi usada uma fita antropométrica inextensível de metal com resolução de 0,1 cm, de acordo com protocolo de Fernandez *et al.* (2004).

A Razão cintura-estatura (RCEst) foi calculada pela fórmula: $CA(cm)/estatura(cm)$, a qual foi classificada de acordo com os valores de referência para idade e sexo (NAMBIAR; HUGHES; DAVIES, 2010).

Foi também utilizado para determinação do percentual de gordura (%G) a técnica de espessura de dobras cutâneas. Para tanto, foram aferidas dobras das regiões tricipital e panturrilha medial, das quais foram coletadas três medidas de cada ponto anatômico. As medidas foram realizadas em seqüência rotacional, no hemisorpo direito, sendo registrado o valor mediano. As medidas foram realizadas por

um único avaliador, após a obtenção da fidedignidade de suas medidas e foi utilizado um adipômetro científico da marca Cescorf, com precisão de 0,1mm e o %G foi determinado pela equação de Slaughter *et al.* (1988) (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000).

Para a aferição da frequência cardíaca de repouso foi utilizado um frequencímetro cardíaco (marca *Polar*) antes da realização da medida da pressão arterial. Para medida da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) foi utilizado o aparelho digital da marca *OMRON* modelo HEM-742, validado para adolescentes por Christofaro *et al.* (2009), utilizando manguitos de tamanho apropriado ao braço dos adolescentes. Os sujeitos foram classificados empregando-se as tabelas normativas sugeridas pelo *National High Blood Pressure Education Program* (PICKERING *et al.*, 2005).

Os estágios do desenvolvimento puberal foram realizados por um médico, que utilizou a auto-avaliação da pilificação pubiana (P1-P5), proposto por Marshall e Tanner (1986), por meio de gravuras, a fim de identificar o estágio maturacional dos escolares.

Para avaliação da aptidão cardiorrespiratória foi utilizado o teste de campo de SHUTTLE-RUN 20 m que foi realizado no complexo esportivo da UNIPAR/FB, com piso antiderrapante, num espaço demarcado a cada 20 m e separado por duas linhas paralelas. O avaliado se deslocava continuamente de uma extremidade à outra, de forma progressiva, até a exaustão e orientados por uma gravação sonora. A velocidade de corrida inicial era de 8,5 km/h com incrementos de 0,5 km/h a cada estágio de um minuto. Os sujeitos durante a execução do teste foram comunicados verbalmente a cada mudança de estágio. A realização do teste, bem como o critério que foi adotado para sua finalização, seguiu as recomendações de Léger e Lambert (1982). O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) foi estimado por equação específica desenvolvida para este teste em adolescentes (DUARTE; DUARTE, 2001). A frequência cardíaca ao final do teste foi registrada por meio de frequencímetro cardíaco da marca *Polar* modelo FT1.

3.4 ANÁLISES BIOQUÍMICAS

Amostras de sangue venoso (soro) foram determinadas em mg/dL e coletadas no período da manhã, após 12 horas de jejum, para análise do CT, HDL-c e TG pelo método colorimétrico enzimático (CHOD – PAP) (Laboratório Merck, Darmstadt, Alemanha; Laboratório Roche, Indianápolis, IN, EUA). O LDL-c foi estimado pela fórmula de Friedewald (1972):

$$\text{LDL} = \text{CT} - (\text{HDL} + \text{TG}/5)$$

Os valores de referência propostos de lipídeos séricos em mg/dL na infância e adolescência são: para CT < 150; LDL-c < 100; HDL-c ≥ 45 e TG < 100 (I Diretriz de Prevenção da Aterosclerose na Infância e Adolescência, 2005).

Os níveis de glicemia (GLI) foram determinados com o método enzimático (Glicose Oxidase – Labtest) (DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2015-2016). A insulina foi dosada pela técnica de quimiluminescência por imunoensaio imunométrico em µU/mL, em equipamento automatizado *IMMULITE 2000*. Para o cálculo da resistência à insulina (RI), utilizou-se o *Homeostasis Model Assessment* (HOMA), descrito por Matthews *et al.* (1985), com a fórmula:

$$\text{HOMA-IR} = \frac{\text{Insulinemia Basal } (\mu\text{U/mL}) \times \text{Glicemia Basal } (\text{mMol/L})}{22,5}$$

Para a avaliação da sensibilidade à insulina (SI), foi utilizado o índice *Quantitative Insulin Sensitivity Check Index* (QUICKI), descrito por Katz *et al.* (2000), com a fórmula:

$$\text{QUICKI} = \frac{1}{[\log (\text{Insulinemia Basal})(\text{mU/mL}) + \log (\text{Glicemia Basal}) (\text{mMol/L})]}$$

Para a determinação da atividade da BChE foi utilizada a técnica de Dietz *et al.* (1972), modificada por Evans e Wroe (1978). A dosagem do produto formado foi realizada em espectrofotômetro ajustado em 410 nm e com todos os reagentes mantidos em banho-maria a 25°C. A medida da atividade enzimática foi dada em KU/L.

3.5 ESPESSURA MÉDIO-INTIMAL DE ARTÉRIA CARÓTIDA (EMI)

Foi utilizado o aparelho de ultrassom portátil Marca GE, modelo Logiq Book XP para o exame ultrassonográfico de alta resolução, com transdução linear de 8MHz. As avaliações ultrassonográficas seguiram como descrito previamente (BALDASSARE, 2000). A espessura médio-intimal (EMI) foi realizada na carótida comum (1-2 cm proximal à bifurcação carotídea) bilateralmente, na parede posterior do vaso. A EMI foi calculada pela distância entre a linha íntima-média e a média-adventícia, e descrita em milímetros. Foram realizadas três medidas, considerando a média dos valores da EMI.

3.6 REGISTRO ALIMENTAR

A avaliação nutricional foi realizada por acadêmicas do curso de Nutrição da UNIPAR e objetivou o conhecimento das dietas dos participantes por meio de registro alimentar de 24 horas em dois dias não consecutivos, dividindo em proteínas, lipídeos e carboidratos, todos em gramas, e o total de kilocalorias consumidas (DUARTE; CASTELLANI, 2002). Todos os adolescentes foram orientados a manter a dieta durante todo o período do estudo, bem seus pais ou responsáveis também foram consultados a cada três meses sobre a ingestão alimentar dos participantes.

3.7 PROTOCOLO DE TREINAMENTO

O programa de exercício físico foi realizado de forma independente das atividades curriculares normais das escolas frequentadas pelos adolescentes. Cada sessão consistiu em exercícios de aquecimento, corrida/caminhada em uma quadra poliesportiva com intensidades diferentes e resfriamento totalizando 45 minutos, realizados três vezes por semana em dias alternados, durante 12 semanas, no período vespertino (QUADRO 1).

Semana	Dias	Séries	Tiros	Vel Máx	Rec Ativa	Duração
1ª	19-21-23 de ago	2	4	30"	60"	12'
2ª	26-28-30 de ago	2	5	30"	60"	15'
3ª	02-04-06 de set	2	6	30"	60"	18'
4ª	09-11-13 de set	2	7	30"	60"	21'
5ª	16-18-20 de set	2	7	30"	60"	21'
6ª	23-25-27 de set	2	8	30"	60"	24'
7ª	30/09-02-04 de out	2	8	30"	45"	20'
8ª	07-09-11 de out	2	8	30"	45"	20'
9ª	14-16-18 de out	2	8	30"	45"	20'
10ª	21-23-25 de out	2	8	30"	30"	16'
11ª	28-30 de out-01/11	2	8	30"	30"	16'
12ª	04-06-08 de nov	2	8	30"	30"	16'
* Intervalo de 4' entre as Séries						

QUADRO 1 – DURAÇÃO DO PROGRAMA DE TREINAMENTO

O aquecimento inicial era conduzido pela pesquisadora e por acadêmicos do curso de Educação Física que observavam se os adolescentes estavam fazendo corretamente e era composto por exercícios de alongamentos dinâmicos (em torno de 10 repetições cada) e alongamentos estáticos (duração de 10 segundos cada) das principais articulações do corpo humano (ombro, quadril, joelhos e tornozelos) utilizando movimentos de abdução/adução, flexão/extensão e circundação.

O protocolo de HIIT consistiu em esforços repetidos de 30 segundos, a 100% do pico de velocidade (determinado pelo teste de aptidão cardiorrespiratória), intercalados por um período de recuperação ativa de 60 segundos a 50% do pico de velocidade. A progressão do treinamento era realizada na adição de um tempo a mais de corrida/caminhada e na redução da recuperação ativa, de 60 segundos para 45, e depois para 30 segundos, conforme as semanas passavam (QUADRO 2). Havia um acadêmico do curso de Educação Física responsável por um adolescente no controle do exercício, da frequência cardíaca e da motivação verbal. O programa de treinamento foi elaborado com base em pesquisas de Tjonna *et al.* (2009) e Gibala *et al.* (2012).

Semanas	1	2	3	4-5	6-9	10-12
Séries	2x	2x	2x	2x	2x	2x
	4x30s/60s	5x30s/60s	6x30s/60s	7x30s/60s	8x30s/45s	8x30s/30s
Intensidade	100%/50%	100%/50%	100%/50%	100%/50%	100%/50%	100%/50%
Repouso	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min	4 min

QUADRO 2 - PROGRAMA DE TREINAMENTO - o protocolo de treinamento do intervalo consistia em duas séries de alta intensidade repetido durante 30 segundos em 100% esforço pico de velocidade (frequência cardíaca máxima associada após o teste máximo cardíaca progressiva) intercalados por um período de recuperação ativa de 60 segundos 50% do pico de velocidade, com quatro minutos de descanso entre as séries.

As atividades recreativas realizadas no final de cada dia de treino englobavam jogos populares como os jogos de perseguição (pega-pega), jogos em círculo (lenço atrás), caçador, esportes (badminton, basquetebol, handebol e voleibol) com exercícios de duplas para aprendizado dos movimentos básicos, ginástica de academia como jump fit (cama elástica), bola suíça e pular corda.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A distribuição dos dados foi analisada por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk e quando necessário foram logaritmizados para normalização. As comparações das médias foram realizadas pelo Teste ANOVA One-Way e distribuição normal e pelo teste não-paramétrico de *U Mann-Whitney* para as que não apresentaram distribuição normal. O teste de qui-quadrado (χ^2) foi utilizado para verificar se existem diferenças nas proporções de indivíduos entre os sexos e entre os grupos na fase inicial.

As comparações das variáveis entre os momentos pré e pós-treinamento (fator tempo) e os grupos (fator grupo) foram realizadas por meio do teste de ANOVA fatorial modelos mistos. Para comparação da magnitude dos efeitos o tamanho do efeito (*Effect Size-ES*) foi classificado em trivial= $<0,19$; provavelmente benéfico= $0,20$ a $0,49$; benéfico = $0,50-0,79$; muito benéfico $> 0,80$ para valores positivos e para trivial= $< -0,19$; provavelmente prejudicial= $-0,20$ a $-0,49$; prejudicial = $-0,50$ a $-0,79$; muito prejudicial $> -0,80$ para valores negativos (COHEN, 1988). A variação percentual ($\Delta\%$) para cada variável foi obtida pela diferença dos valores basais e

finais. As análises foram realizadas no software SPSS versão 20. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERÍSTICAS INICIAIS DA AMOSTRA

Participaram deste estudo 48 adolescentes obesos, sendo 29 meninos e 19 meninas. Na fase inicial, as características antropométricas e clínicas da amostra estudada, dividida por sexo (M=Masculino; F=Feminino) estão apresentadas na Tabela 1. As variáveis Idade, Massa Corporal, Estatura, IMC, IMC-z, CA, RCEst, %GC, PAS e PAD foram maiores nos meninos do que nas meninas ($p<0,05$).

TABELA 1 – CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS E CLÍNICAS ENTRE OS SEXOS NA FASE INICIAL.

VARIÁVEIS	MASCULINO (n=29)	FEMININO (n=19)	p=
Idade (anos)	12,69±1,71	10,79±1,81	0,001*
MC(kg)	83,41±21,09	60,94±11,27	0,000*
Estatura (m)	1,64±0,13	1,51±0,08	0,001*
IMC (kg/m ²)	30,30±3,62	26,25±3,09	0,000*
IMC-z	2,92±0,47	2,38±0,63	0,001*
CA (cm)	102,11±11,93	87,66±7,40	0,000*
RCEst	0,621±0,044	0,578±0,0,50	0,003*
%GC	42,10±7,17	38,04±5,41	0,041*
PAS (mmHg)	122±13,1	109±10,0	0,001*
PAD (mmHg)	69±7,5	65±6,5	0,032*
EMID (mm)	0,051±0,004	0,050±0,004	0,371
EMIE (mm)	0,051±0,006	0,051±0,005	0,793
EMIM (mm)	0,051±0,004	0,050±0,004	0,540
BChE (KU/l)	6,697±2,053	7,581±2,873	0,295

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis paramétricas (Teste Anova One-Way entre M (masculino) e F (feminino)(*); MC=Massa Corporal; IMC=Índice de massa corporal; IMC-z=Índice de massa corporal escore z; CA=Circunferência Abdominal; RCEst=Razão Cintura Estatura; %GC=Percentual de Gordura Subcutânea Coporal; PAS=Pressão Arterial Sistólica; PAD=Pressão Arterial Diastólica;; EMID=Espessura Médio-Intimal de artéria carótida Direita; EMIE=Espessura Médio-Intimal de artéria carótida Esquerda; e EMIM=Espessura Médio-Intimal de artéria carótida média, BChE=Butirilcolinesterase. * $p<0,05$.

As características bioquímicas da amostra estudada, divididos por sexo (M=Masculino; F=Feminino) na fase inicial da pesquisa estão apresentados na Tabela 2. Todas as variáveis foram semelhantes entre os sexos.

TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS ENTRE OS SEXOS NA FASE INICIAL.

VARIÁVEIS	MASCULINO (n=29)	FEMININO (n=19)	p=
GLIC (mg/dL)	79,07±8,53	79,84±10,44	0,780
CT (mg/dL)	154,59±41,44	162,58±34,40	0,489
HDL-c (mg/dL)	47,41±8,24	51,16±10,61	0,177
LDL-c (mg/dL)	97,46±34,55	104,24±35,29	0,513
TG (mg/dL)	92,59±34,79	96,47±33,18	0,493
INS (μU/mL)	16,22±6,99	17,34±8,39	0,620
HOMA-IR	3,22±1,51	3,95±2,72	0,520
QUICKI	0,327±0,022	0,322±0,029	0,510

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis paramétricas (Teste Anova One-Way entre M (masculino) e F (feminino))(*); GLIC=Glicemia em jejum; INS=Insulina em Jejum; CT=Colesterol Total; HDL-c=high density lipoprotein cholesterol; LDL-c=low density lipoprotein cholesterol; TG=Triglicerídeos; HOMA-IR=Homeostasis Model Assessment Insulin Resistance; QUICKI=Quantitative Insulin Sensitivity Check Index. *p<0,05.

Na tabela 3, encontram-se os valores da aptidão cardiorrespiratória, divididos por sexo (M=Masculino; F=Feminino) no início da pesquisa. O valor médio de VO₂pico (ml.kg.⁻¹.min.⁻¹) foi maior nas meninas, enquanto que o VO₂pico (l.min) foi maior nos meninos.

TABELA 3 – VALORES DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA ENTRE OS SEXOS NA FASE INICIAL.

VARIÁVEIS	MASCULINO (n=29)	FEMININO (n=19)	p=
FCrep (bpm)	83±12,4	90±15,8	0,070
FCmáx (bpm)	188±7,3	192±12,0	0,127
VO ₂ pico (ml.kg. ⁻¹ .min. ⁻¹)#	37,77±3,17	40,14±2,99	0,020*
VO ₂ pico (l.min)	3,11±0,65	2,46±0,38	0,000*

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis paramétricas (Teste Anova One-Way entre M (masculino) e F (feminino))(*); (U Mann Whitney entre os M (masculino) e F (feminino)) (#); FCrep=Frequência Cardíaca de repouso; FCmáx= Frequência Cardíaca máxima; e VO₂pico=consumo de oxigênio pico. *p<0,05.

Na fase inicial da pesquisa, os meninos e as meninas foram divididos mediante sorteio em grupo intervenção (GHIIT) e grupo controle (GC), sendo que as características antropométricas e clínicas dos meninos (GHIIT n=20 vs. GC n=9) e das meninas (GHIIT n=14 vs. GC n=5), estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS E CLÍNICAS EM CADA GRUPO NA FASE INICIAL.

VARIÁVEIS	MASCULINO (n=29)		p=	FEMININO (n=19)		p=
	GHIIT (n=20)	GC (n=9)		GHIIT (n=14)	GC (n=5)	
Idade (anos)	12,60±1,63	12,89±1,96	0,682	10,64±1,44	11,20±2,77	0,570
MC (kg)	81,61±20,78	87,41±22,47	0,538	59,47±9,17	65,04±16,42	0,448
Estatura (m)	1,63±0,13	1,67±0,15	0,491	1,50±0,08	1,54±0,11	0,446
IMC (kg/m ²)	30,10±3,62	30,75±3,78	0,663	26,03±2,94	26,86±3,80	0,624
IMC-z	2,93±0,50	2,89±0,41	0,823	2,37±0,63	2,39±0,71	0,961
CA (cm)	101,74±11,62	102,94±13,28	0,807	86,77±7,14	90,16±8,36	0,396
RCEst	0,623±0,039	0,616±0,055	0,697	0,576±0,052	0,584±0,051	0,764
%GC	42,51±7,40	41,18±6,96	0,654	38,93±5,74	35,54±3,74	0,239
PAS (mmHg)	123±12,1	118±15,3	0,362	109±8,8	109±14,0	0,904
PAD (mmHg)	71±6,5	67±9,2	0,194	65±6,7	64±6,7	0,774
EMID (mm)	0,051±0,004	0,050±0,003	0,348	0,049±0,004	0,051±0,004	0,308
EMIE (mm)	0,053±0,006	0,049±0,004	0,118	0,050±0,005	0,054±0,004	0,139
EMIM (mm)	0,052±0,005	0,049±0,003	0,132	0,050±0,004	0,053±0,003	0,164

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis paramétricas (Teste Anova Way-one entre M (masculino) e F (feminino)(*); MC=Massa Corporal; IMC=Índice de massa corporal; IMC-z=Índice de massa corporal score z; CA=Circunferência Abdominal; RCEst=Razão Cintura Estatura; %GC=Percentual de Gordura Subcutânea Corporal; PAS=Pressão Arterial Sistólica; PAD=Pressão Arterial Diastólica; EMID=Espessura Médio-Intimal de artéria carótida Direita; EMIE=Espessura Médio-Intimal de artéria carótida Esquerda; e EMIM=Espessura Médio-Intimal de artéria carótida média; BChE=Butirilcolinesterase. *p<0,05.

As características bioquímicas da amostra estudada, divididos por sexo (M=Masculino; F=Feminino) no início da pesquisa estão apresentados na Tabela 5. A variável LDL-c e BChE apresentam diferença significativa no grupo Masculino e, somente a BChE apresentou diferença no grupo Feminino.

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS EM CADA GRUPO NA FASE INICIAL.

VARIÁVEIS	MASCULINO (n=29)		p=	FEMININO (n=19)		p=
	GHIIT (n=20)	GC (n=9)		GHIIT (n=14)	GC (n=5)	
GLI (mg/dL)	78,30±9,47	80,78±6,07	0,479	78,07±8,28	84,80±15,02	0,226
INS (μU/mL)	15,97±6,88	16,77±7,62	0,781	17,05±8,34	18,16±9,47	0,808
CT (mg/dL)	161,15±41,77	140,00±39,01	0,209	168,29±35,97	146,60±26,24	0,237
HDL-c (mg/dL)	48,10±9,03	45,89±6,31	0,514	52,57±11,09	47,20±8,98	0,346
LDL-c (mg/dL)	108,06±31,13	73,89±31,14	0,011*	113,03±34,73	79,64±25,60	0,068
TG (mg/dL)	89,70±33,89	99,00±37,96	0,526	95,64±33,51	98,80±36,02	0,669
HOMA-IR	3,17±1,55	3,33±1,50	0,725	3,80±2,55	4,37±3,44	0,737
QUICKI	0,328±0,022	0,324±0,021	0,705	0,323±0,030	0,319±0,030	0,818
BChE (kU/l)	7,329±1,903	5,291±1,713	0,004*	8,371±2,861	5,369±1,503	0,023*

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis paramétricas (Teste Anova One-Way entre M (masculino) e F (feminino))(*); GLI=Glicemia em jejum; INS=Insulina em Jejum; CT=Coolesterol Total; HDL-c=high density lipoprotein cholesterol; LDL-c=low density lipoprotein cholesterol; TG=Triglicerídeos; HOMA-IR=Homeostasis Model Assessment Insulin Resistance; QUICKI=Quantitative Insulin Sensitivity Check Index. *p<0,05.

Na tabela 6, encontram os valores da aptidão cardiorrespiratória, divididos por sexo (M=Masculino; F=Feminino) no início da pesquisa. Os valores da aptidão cardiorrespiratória foram semelhantes entre os meninos e entre as meninas dos dois grupos.

TABELA 6 – VALORES DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA EM CADA GRUPO NA FASE INICIAL.

VARIÁVEIS	MASCULINO (n=29)		p=	FEMININO (n=19)		p=
	GHIIT (n=20)	GC (n=9)		GHIIT (n=14)	GC (n=5)	
FCrep (bpm)	85±11,2	78±14,3	0,159	92±17,6	85±7,98	0,413
FCmáx (bpm)	187±7,0	189±8,4	0,491	195±11,5	184±10,1	0,070
VO ₂ pico (ml.kg. ⁻¹ .min. ⁻¹) [#]	37,70±3,15	37,93±3,40	0,863	40,09±2,17	40,29±4,98	0,927
VO ₂ pico (l.min)	3,03±0,64	3,28±0,67	0,355	2,41±0,32	2,61±0,53	0,321

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis paramétricas (Teste Anova One-Way entre M (masculino) e F (feminino))(*); (U Mann Whitney entre os M (masculino) e F (feminino)) (#); FCrep=Frequência Cardíaca de repouso; FCmáx= Frequência Cardíaca máxima; e VO₂pico=consumo de oxigênio pico. *p<0,05.

4.2 APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO COM TREINAMENTO HIIT

Os participantes foram alocados em dois grupos, sendo 34 adolescentes obesos no grupo experimental (GHIIT, 20 meninos e 14 meninas) e 14 no grupo controle (GC, 9 meninos e 5 meninas). A proporção dos sexos em cada grupo foi semelhante ($\chi^2=0,124$; $p=0,725$). Quanto ao estágio puberal, a proporção de meninos ($n=11$) e meninas ($n=11$) púberes e meninos ($n=14$) e meninas ($n=12$) pós-púberes foi semelhante ($\chi^2=3,469$; $p=0,510$). Na fase inicial, todas as variáveis foram semelhantes entre os meninos e entre as meninas nos dois grupos.

O GHIIT ($11,78\pm1,82$ anos) foi submetido a 12 semanas de intervenção com HIIT e o GC ($12,29\pm2,33$ anos de idade) não recebeu a intervenção, foi orientado a manter as atividades normais e não participar de atividades físicas além das aulas de Educação Física escolar durante o período do experimento. A permanência dos participantes foi 90%, não havendo desistências durante as 12 semanas de intervenção, podendo ser explicada pelas estratégias adotadas durante a pesquisa como: organização e orientação sobre possíveis transportes públicos e caronas de outros participantes para ajudar na logística do deslocamento até o local das avaliações e treinos dos próprios pais e da pesquisadora responsável, utilização das redes sociais (facebook) para acompanhar possíveis dúvidas sobre dores musculares e desconfortos após treinamento, e incentivo para a próximo treino.

Em relação aos sintomas osteomusculares durante a prática de HIIT, cinco adolescentes no GHIIT (25%) relataram desconforto articular nos membros inferiores (joelho e tornozelo). Na tabela 7, encontram-se os valores pré e pós-intervenção das variáveis antropométricas do grupo experimental (GHIIT) e controle (GC). A ANOVA de modelos mistos indicou um aumento da MC ($p=0,010$) e da estatura ($p=0,000$) como efeito do tempo em ambos os grupos.

TABELA 7 – VARIÁVEIS ANTROPOMÉTRICAS ANTES E APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO EM ADOLESCENTES OBESOS.

VARIÁVEIS	GHIIT (n=34)	GC (n=14)	p=	Efeito	F	p=
MC (kg)						
Pré-treinamento	72,50±20,10	79,42±22,75	0,333	Tempo	7,323	0,010
Pós 12 semanas	73,36±20,54	80,25±23,22	0,342	Interação	0,030	0,863
Δ%	+1,18	+1,04				
ES	-0,04	-0,04				
Estatura (m)						
Pré-treinamento	1,58±0,12	1,62±0,14	0,300	Tempo	37,234	0,000
Pós 12 semanas	1,59±0,12	1,63±0,14	0,343	Interação	2,225	0,143
Δ%	+0,63	+0,61				
ES	+0,08	+0,07				
IMC (kg/m²)						
Pré-treinamento	28,43±3,88	29,36±4,12	0,461	Tempo	0,057	0,812
Pós 12 semanas	28,33±3,92	29,40±4,24	0,405	Interação	0,295	0,589
Δ%	-0,35	+0,13				
ES	+0,03	-0,01				
IMC-z						
Pré-treinamento	2,70±0,61	2,71±0,57	0,964	Tempo	0,020	0,889
Pós 12 semanas	2,69±0,63	2,72±0,57	0,902	Interação	0,154	0,696
Δ%	-0,37	+0,36				
ES	+0,02	-0,02				
CA (cm)						
Pré-treinamento	95,58±12,40	98,37±13,06	0,488	Tempo	0,284	0,596
Pós 12 semanas	95,03±12,74	99,48±13,79	0,288	Interação	2,480	0,122
Δ%	-0,57	+1,12				
ES	+0,04	-0,08				
RCEst						
Pré-treinamento	0,603±0,050	0,604±0,054	0,953	Tempo	0,454	0,504
Pós 12 semanas	0,595±0,051	0,608±0,055	0,453	Interação	3,050	0,087
Δ%	-1,32	+0,66				
ES	+0,16	-0,07				
%GC						
Pré-treinamento	41,04±6,91	39,17±6,48	0,391	Tempo	1,114	0,297
Pós 12 semanas	40,52±6,24	41,08±8,27	0,798	Interação	3,379	0,072
Δ%	-1,26	+4,87				
ES	+0,08	-0,27				

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis; Teste Anova One-Way entre grupos no pré e pós-treinamento (* $p < 0,05$); GHIIT = grupo treinamento intervalado de alta intensidade; GC = grupo controle; MC=Massa Corporal; IMC=Índice de massa corporal; IMC-z=Índice de massa corporal score z; CA=Circunferência Abdominal; RCEst=Razão Cintura Estatura; %GC=Percentual de Gordura Subcutânea Corporal; Δ% = variação entre pré-treino e 12 semanas; ES = Effect Size.

Nenhuma variável antropométrica apresentou interação entre GHIIT e GC durante as 12 semanas (grupo x tempo). O Δ% apresentou aumento nos valores de todas as variáveis no GC e diminuição do IMC, IMC-z, CA, RCEst e do %GC no GHIIT após 12 semanas de treinamento.

Na tabela 8, encontram-se os valores pré e pós-intervenção das variáveis bioquímicas do grupo experimental (GHIIT) e controle (GC). Na comparação das médias, o LDL-c apresentou diferença estatística entre os grupos, com aumento do valor no GHIIT e diminuição do valor no GC, após o período de 12 semanas. A

ANOVA de modelos mistos indicou efeito de tempo para o CT ($p=0,044$) e para o HDL-c ($p=0,037$) maior no GHIIT do que no GC.

TABELA 8 – VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS ANTES E APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO EM ADOLESCENTES OBESOS.

VARIÁVEIS	GHIIT (n=34)	GC (n=14)	p=	Efeito	F	p=
GLI (mg/dL)						
Pré-treinamento	78,21±8,87	82,21±9,80	0,174	Tempo	2,532	0,118
Pós 12 semanas	81,82±5,24	83,14±5,90	0,449	Interação	0,886	0,351
Δ%	+4,61	+1,13				
ES	-0,48	-0,11				
INS (μU/mL)*						
Pré-treinamento	16,41±7,42	17,27±7,99	0,725	Tempo	3,482	0,068
Pós 12 semanas	15,27±3,82	15,00±3,82	0,798	Interação	0,385	0,538
Δ%	-6,94	-13,14				
ES	+0,18	+0,34				
CT (mg/dL)						
Pré-treinamento	164,09±39,07	142,36±34,04	0,076	Tempo	4,298	0,044
Pós 12 semanas	152,00±34,29	139,57±27,97	0,237	Interação	1,681	0,201
Δ%	-7,31	-2,11				
ES	+0,33	+0,09				
HDL-c (mg/dL)						
Pré-treinamento	49,94±10,02	46,36±7,05	0,230	Tempo	4,628	0,037
Pós 12 semanas	46,50±8,45	44,14±8,18	0,380	Interação	0,218	0,643
Δ%	-6,88	-4,78				
ES	-0,37	-0,30				
LDL-c (mg/dL)						
Pré-treinamento	110,11±32,24	75,94±28,40	0,001*	Tempo	2,697	0,107
Pós 12 semanas	125,71±37,34	74,47±20,34	0,000*	Interação	3,938	0,053
Δ%	+13,63	-1,93				
ES	-0,46	+0,06				
TG (mg/dL)						
Pré-treinamento	92,15±33,36	98,93±35,86	0,455	Tempo	0,134	0,716
Pós 12 semanas	91,53±37,57	102,79±43,90	0,374	Interação	0,255	0,616
Δ%	-0,67	+3,90				
ES	+0,02	-0,10				
HOMA-IR						
Pré-treinamento	3,43±2,01	3,70±2,30	0,644	Tempo	0,979	0,328
Pós 12 semanas	3,16±1,46	3,49±1,87	0,694	Interação	0,014	0,906
Δ%	-7,87	-5,67				
ES	+0,15	+0,01				
QUICKI						
Pré-treinamento	0,326±0,025	0,323±0,023	0,687	Tempo	0,158	0,693
Pós 12 semanas	0,327±0,019	0,324±0,024	0,743	Interação	0,025	0,874
Δ%	+0,30	+0,30				
ES	-0,04	-0,04				

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis; Variável não paramétrica (*); Teste Anova One-Way entre grupos no pré e pós-treinamento (* $p<0,05$); GHIIT = grupo treinamento intervalado de alta intensidade; CG = grupo controle; GLI=Glicemia em jejum; INS=Insulina em Jejum; CT=Colesterol Total; HDL-c=high density lipoprotein cholesterol; LDL-c=low density lipoprotein cholesterol; TG=Triglicerídeos; HOMA-IR=Homeostasis Model Assessment Insulin Resistance; QUICKI=Quantitative Insulin Sensitivity Check Index; Δ% = variação entre pré-treino e 12 semanas; ES = Effect Size.

Na tabela 9, encontram-se os valores pré e pós-intervenção das variáveis clínicas do grupo experimental (GHIIT) e controle (GC). A ANOVA de modelos mistos indicou efeito da interação grupo x tempo para a redução significativa da PAD ($p=0,002$) e da BChE no GHIIT ($p=0,000$).

TABELA 9 – VARIÁVEIS CLÍNICAS ANTES E APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO EM ADOLESCENTES OBESOS.

VARIÁVEIS	GHIIT (n=34)	GC (n=14)	p=	Efeito	F	p=
PAS (mmHg)						
Pré-treinamento	118±12	115±15	0,543	Tempo	2,082	0,156
Pós 12 semanas	117±11	120±15	0,477	Interação	3,472	0,069
Δ%	-0,84	+4,34				
ES	+0,09	-0,34				
PAD (mmHg)						
Pré-treinamento	68±7	66±8	0,275	Tempo	0,494	0,486
Pós 12 semanas	64±4	68±7	0,021*	Interação	10,379	0,002
Δ%	-5,88	+3,03				
ES	+0,67	-0,27				
EMID (mm)						
Pré-treinamento	0,050±0,004	0,050±0,003	0,933	Tempo	1,031	0,315
Pós 12 semanas	0,052±0,006	0,051±0,003	0,298	Interação	0,757	0,389
Δ%	+4,00	+2,00				
ES	-0,42	-0,34				
EMIE (mm)						
Pré-treinamento	0,051±0,006	0,051±0,005	0,644	Tempo	0,230	0,634
Pós 12 semanas	0,052±0,006	0,051±0,005	0,352	Interação	0,173	0,680
Δ%	+1,96	0				
ES	-0,17	0				
EMIM (mm)						
Pré-treinamento	0,051±0,004	0,050±0,003	0,686	Tempo	0,482	0,491
Pós 12 semanas	0,052±0,005	0,051±0,003	0,317	Interação	0,303	0,585
Δ%	1,96	2,00				
ES	-0,23	-0,34				
BChE (kU/l)						
Pré-treinamento	7,758±2,362	5,319±1,582	0,000*	Tempo	1,302	0,260
Pós 12 semanas	7,064±1,725	6,550±1,465	0,331	Interação	16,716	0,000
Δ%	-8,94	23,14				
ES	+0,33	-0,81				

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis; Teste Anova One-Way entre grupos no pré e pós-treinamento (* $p<0,05$); GHIIT = grupo treinamento intervalado de alta intensidade; GC = grupo controle; Δ% = variação entre pré-treino e 12 semanas; PAS=Pressão Arterial Sistólica; PAD=Pressão Arterial Diastólica; EMID=Espessura Médio-Intimal de artéria carótida Direita; EMIE=Espessura Médio-Intimal de artéria carótida Esquerda; e EMIM= Espessura Médio-Intimal de artéria carótida média; BChE=Butirilcolinesterase; Δ%= diferença entre pré-treino e 12 semanas; ES = Effect Size.

Na tabela 10, encontram-se os valores pré e pós-intervenção das variáveis da aptidão física do grupo experimental (GHIIT) e controle (GC). A ANOVA de modelos mistos indicou efeito da interação positiva grupo x tempo para a redução significativa da FCrep no GHIIT ($p=0,002$).

TABELA 10 – VARIÁVEIS DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA ANTES E APÓS 12 SEMANAS DE INTERVENÇÃO EM ADOLESCENTES OBESOS.

VARIÁVEIS	GHIIT (n=34)	GC (n=14)	p=	Efeito	F	p=
FCrep (bpm)						
Pré-treinamento	88±14,46	80±12,62	0,099	Tempo	0,836	0,365
Pós 12 semanas	85±13,34	86±10,23	0,749	Interação	11,152	0,002
Δ%	-3,40	+7,50				
ES	+0,22	-0,52				
FCmáx (bpm)						
Pré-treinamento	190±9,85	187±9,12	0,310	Tempo	0,025	0,875
Pós 12 semanas	188±11,49	189±10,34	0,822	Interação	1,438	0,237
Δ%	-1,05	+1,06				
ES	+0,19	-0,21				
VO₂pico (ml.kg.⁻¹.min.⁻¹) #						
Pré-treinamento	38,68±3,00	38,77±4,02	0,942	Tempo	3,387	0,072
Pós 12 semanas	39,29±3,41	38,77±4,02	0,652	Interação	3,468	0,069
Δ%	+1,57	0				
ES	+0,20	0				
VO₂pico (l.min)						
Pré-treinamento	2,77±0,61	3,04±0,68	0,196	Tempo	1,645	0,206
Pós 12 semanas	2,84±0,64	3,03±0,70	0,375	Interação	3,723	0,060
Δ%	+2,52	-0,32				
ES	+0,11	-0,01				

Valores expressos em média ± desvio padrão das variáveis; Variável não paramétrica (#); Teste Anova One-Way entre grupos no pré e pós-treinamento (* $p<0,05$); GHIIT = grupo treinamento intervalado de alta intensidade; GC = grupo controle; Δ% = variação entre pré-treino e 12 semanas; FCrep=Frequência Cardíaca de repouso; FCmáx= Frequência Cardíaca máxima; e VO₂pico=consumo de oxigênio pico; ES = Effect Size.

5 DISCUSSÃO

A terapêutica da obesidade é complexa e seus resultados limitados em função da baixa adesão às estratégias propostas, sendo que diversificar as atividades físicas aumenta a chance da permanência ao tratamento (BEAN *et al.*, 2014). Este estudo demonstrou benefícios sobre os fatores de risco cardiometabólicos e redução da atividade enzimática da BChE em adolescentes obesos que participaram das 12 semanas de atividades de HIIT, bem como apresentou adesão de 90% dos participantes. Enquanto que a prática de atividades físicas somente na escola, não foi suficiente para promover benefícios aos adolescentes obesos do grupo controle, que pioraram alguns marcadores clínicos e aumentaram a atividade da BChE.

Na fase inicial da presente pesquisa, as características antropométricas, clínicas e EMI foram semelhantes entre os meninos do grupo experimental (GHIIT) e controle (GC), bem como entre as meninas participantes nos dois grupos. Em relação à avaliação maturacional, os meninos e meninas apresentaram semelhanças quanto à proporção de púberes e pós-púberes. Portanto, houve diferenças antropométricas entre os sexos, em função das características anatômicas e fisiológicas de cada sexo (MENEZES *et al.*, 2010), diferenças que aparecem de acordo com o estágio maturacional (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2009), pois o dimorfismo sexual ocorre a partir do início da puberdade, tanto para variáveis da composição corporal quanto para aquelas relacionadas ao crescimento físico (CDC, 2002). Estes resultados corroboram com os que foram apresentados em outros estudos nesta faixa etária, em que a massa corporal e a estatura foram maiores nos meninos do que nas meninas (RAMOS-SEPÚLVEDA *et al.*, 2016) e a CA (SANTOS *et al.*, 2016), que é a localização principal da gordura masculina (VITOR; ALVAREZ, 2014).

Além da massa corporal, estatura e CA (PELEGRINI *et al.*, 2015), outros indicadores antropométricos têm sido utilizados para avaliação da distribuição da gordura corporal, pois a obesidade principalmente localizada na região abdominal está associada à resistência à insulina, metabolismo anormal da glicose, hipertensão arterial sistêmica, dislipidemias, inflamação, doença hepática e função vascular comprometida em adultos (VITOR; ALVAREZ, 2014) e na população pediátrica (BOODAI *et al.*, 2014). Portanto, a RCEst também tem sido utilizada como indicador de gordura gordural (PEREIRA *et al.*, 2011; FLEGAL *et al.*, 2009).

Neste estudo, os valores de RCEst foram semelhantes entre os sexos, pois esta variável antropométrica corrige as medidas da CA pela estatura, o que minimiza as diferenças entre meninos e meninas. Os valores de RCEst, tanto das meninas como dos meninos, apresentaram valores médios acima dos sugeridos pelo estudo com crianças e adolescentes de 8 a 16 anos de idade, que propõe valores limites de RCEst de 0,48 para obesidade em meninos e de 0,47 para obesidade em meninas (NAMBIAR; HUGHES; DAVIES, 2010). Os indicadores antropométricos de obesidade na predição da gordura corporal elevada em adolescentes podem ser usados como ferramenta para predizer risco cardiovascular, por serem métodos simples, de baixo custo e não invasivo (MAGALHÃES *et al.*, 2014). Os níveis de risco cardiovascular aumentam conforme a presença de maiores valores de RCEst, sendo sugeridos como maior risco quando atingem 0,5 e 0,6 na população infanto-juvenil e em adultos (ASHWELL, 2005).

A RCEst está associada a hipertensão arterial sistêmica em crianças porto-riquenhas (RIVERA-SOTO; RODRÍGUEZ-FIGUEROA, 2016), sendo que foi sugerido pontos de corte de 0,485 para meninos e 0,499 para meninas em 6-11 anos e de 0,5 para meninos e 0,498 para meninas de 12-17 anos para o diagnóstico de dislipidemias em crianças e adolescentes do Sul do Brasil (DORNELLES *et al.*, 2016) e o aumento da RCEst está associada a maior resposta inflamatória em meninos brasileiros de 9-11 anos de idade (MENDES *et al.*, 2016).

Outra variável antropométrica semelhante entre os sexos foi o % GC, visto que os meninos apresentaram valores médios maiores, pois eram mais pesados e com IMC e CA maiores quando comparados com as meninas na fase inicial, corroborando com o estudo de Frignani *et al.* (2015), que reforça a importância de estudos com o % GC em adolescentes e refletir sobre os fenômenos do dimorfismo sexual neste período.

Os valores de PAS e PAD nesta pesquisa foram semelhantes entre os sexos, porém os meninos apresentaram valores médios de PAS e PAD maiores, o que corrobora com estudo prévio (KAWADA *et al.*, 2015), fator que pode estar relacionado a maior estatura apresentada pelos meninos, visto que os valores previstos para a pressão arterial sistêmica (PA) variam de acordo com idade, sexo e percentil da estatura (FERNÁNDEZ *et al.*, 2004). O gênero tem pouco efeito sobre a condição física durante a infância, porém tem grande impacto em adultos jovens, com isso

durante a adolescência, a PA e sua relação com a obesidade podem ser influenciadas (KAWADA *et al.*, 2015).

Atualmente, pouca informação está disponível sobre as relações entre os sexos e os valores de IMC e PA durante a adolescência, porém níveis elevados de PA na infância têm sido associados à posterior aterosclerose. Indivíduos com PA persistentemente elevada desde a infância até a idade adulta aumentaram o risco de aterosclerose carotídea. Este risco foi reduzido se a PA elevada durante a infância fosse resolvida pela idade adulta (JUHOLA *et al.*, 2013).

Com relação a função endotelial, no presente estudo não houve diferença entre os sexos na EMI. Porém, outro estudo com crianças brasileiras com média de idade de 9 anos, os meninos apresentaram maiores valores de EMI do que as meninas ($0,46 \pm 0,06$ vs. $0,43 \pm 0,06$ mm; $p=0,028$) (VERÇOZA *et al.*, 2009). A obesidade infanto-juvenil está associada a maior rigidez arterial e o status puberal pode afetar essa relação em crianças (COTE *et al.*, 2015), fator este que pode justificar os resultados encontrados nesta pesquisa, visto que a proporção de púberes e pós-púberes foi semelhante.

Nesta pesquisa, a atividade enzimática da BChE não apresentou diferenças entre meninos e meninas com obesidade. A avaliação da atividade enzimática da BChE deve ser incluída nos procedimentos de diagnóstico clínico de rotina para avaliar as condições clínicas dos pacientes, em particular nos casos de inflamação e/ou desnutrição protéico-energética (SANTARPIA *et al.*, 2013), pois está associada à obesidade, pressão arterial e biomarcadores de risco cardiovascular e de diabetes (BENYAMIN; YANOVSKI; SÍMONS-MORTON, 2013).

Não foram encontradas pesquisas que apresentam resultados da BChE comparados entre os sexos na população infanto-juvenil, somente estudos que agrupam as meninas e os meninos (CHAVES *et al.*, 2013; MILANO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2012). Estudos em adultos jovens não foram encontradas diferenças entre os sexos nos valores da atividade enzimática da BChE (ALCÂNTARA *et al.*, 2005), porém em adultos com idade ≥ 50 anos foram encontradas atividades da BChE maiores em mulheres comparadas com os homens associadas com a idade (CALDERON-MARGALIT *et al.*, 2006).

Na fase inicial deste estudo, as características bioquímicas e metabólicas foram semelhantes entre os meninos e as meninas dos dois grupos e entre os sexos. Resultados semelhantes em estudo com adolescentes de 13-18 anos de idade de

Costa Rica moradores da zona rural (MONGE-ROJAS *et al.*, 2001), o que ser justificado pelos hábitos de vida semelhantes da atual pesquisa também ser em uma localidade geográfica do interior. Entretanto, no GC as meninas demonstraram maiores concentrações de GLIC do que os meninos.

Outro estudo também identificou maiores valores de GLIC, porém em meninos de 12-16 anos de idade comparado com meninas (SANTOS *et al.*, 2016). Diferenças entre os sexos nas concentrações de lipídios foram observadas entre crianças do Norte do México. As meninas apresentaram menor HDL-colesterol do que os meninos com idade entre 2 e 4 anos e maiores níveis de TG do que os meninos de 5 a 7 anos (BIBILONI *et al.*, 2015). O HDL-colesterol também foi menor entre as meninas do que os meninos em crianças americanas com 4-11 anos de idade (AHA, 2014) e a média de TG também foi maior entre as meninas do que os meninos em crianças de 6 a 12 anos (CAAMAÑO *et al.*, 2011).

Pesquisas analisando o consumo de oxigênio vêm sendo conduzidas com o intuito de elucidar o comportamento da capacidade aeróbia durante a infância e adolescência, entretanto, muitas lacunas ainda necessitam de respostas devido aos poucos trabalhos levarem em conta a maturação sexual e a composição corporal. Estudo com adolescentes masculinos brasileiros divididos pelos estágios de maturação sexual encontrou valores de VO_2 máx absoluto (l/min) aumentados que podem ser explicados pelo processo de crescimento, uma vez que os valores de massa corporal total e estatura se elevaram do início para o final da puberdade (MASCARENHAS *et al.*, 2006).

Resultados semelhantes encontrados neste estudo, em que os valores de massa corporal, estatura e VO_2 máx absoluto (l/min) foram diferentes entre os sexos, sendo maiores nos meninos. Para VO_2 máx relativo ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), os autores observaram que os meninos apresentam valores maiores de VO_2 máx quando comparados com as meninas para todas as faixas etárias entre 10 e 14 anos de idade (RODRIGUES *et al.*, 2006). Nesta pesquisa, o VO_2 máx relativo ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) também apresentou diferença entre os sexos, porém as meninas apresentaram valores maiores comparados com os meninos, fator que pode estar relacionado é a composição corporal apresentada pelas meninas com valores diferentes e menores comparados com os meninos.

Estudos apresentam cada vez mais evidências de que existe risco de mortalidade associado ao aumento na prevalência das comorbidades ao excesso de

peso, como as dislipidemias, hipertensão arterial sistêmica, cardiopatia isquêmica, diabetes e acidente vascular cerebral (LIMA *et al.*, 2017; FARIAS *et al.*, 2012). Portanto, destaca-se a importância de incentivar a modificação do estilo de vida no tratamento do indivíduo com sobrepeso ou obesidade para reduzir o risco de mortalidade prematura (ANYAEGBU; DHARNIDHARKA, 2014; PALMEIRA *et al.*, 2013; REILLY; KELLY, 2011).

Um estudo de revisão sistemática com metanálise concluiu que os programas de prevenção da obesidade na infância tiveram efeito desejável no LDL-c e no HDL-c, sendo que dois terços das intervenções mostraram efeitos semelhantes ou não obtiveram efeitos nos resultados de adiposidade e lipídios (CAI *et al.*, 2014), porém com associação a medidas elevadas de aterosclerose (COOK; KAVEY, 2011). A adiposidade total e abdominal foi associada a parâmetros metabólicos e marcadores inflamatórios em adolescentes do sexo feminino e, o IMC e CA foram as medidas que apresentaram relação com a resistência à insulina (COUTINHO *et al.*, 2015).

Por outro lado, estudos têm demonstrado efeitos positivos da prática de exercício físico sem intervenção dietética como terapêutica para a população obesa (LOPES *et al.*, 2016; AGOSTINETE *et al.*, 2015; TJONNA *et al.*, 2008), independente do tipo de exercício físico aplicado (PAES; MARINS; ANDREAZZI, 2015). Poucas são as informações sobre o melhor e mais seguro tipo de exercício, o volume e a intensidade a ser prescrito para indivíduos com obesidade. Programas de exercícios físicos aeróbicos e resistidos mostraram ser importantes componentes no tratamento da obesidade mórbida, porém cuidados especiais devem ser observados no momento da determinação do volume-intensidade dos exercícios para a manutenção da adesão ao tratamento (FONSECA-JUNIOR *et al.*, 2013).

A prática do HIIT por 12 semanas, sem intervenção dietética, nesta pesquisa, apresentou 90% de adesão dos participantes. Excelente adesão pode ser justificada por alguns fatores como: o tempo de duração do treino propriamente dito ser curto, participação dos pais ou responsáveis das crianças e adolescentes em levá-los e ficar assistindo os treinos, a motivação e o cuidado da equipe de professores e acadêmicos na aplicação dos treinos. O tempo de atividade foi complementado com atividades de aquecimento corporal antes de iniciar o treino, atividades recreativas e socioeducativas no final do treino, para haver maior interação entre as crianças e adolescentes, visto que havia participantes de diferentes escolas e nível socioeconômico.

Araújo *et al.* (2012) encontraram maior adesão ao HIIT (86,9%) quando comparado ao treinamento aeróbico (85,5%) em crianças obesas. Entretanto, nível de adesão semelhante foram encontrados em estudo com treinamento aeróbico e treinamento de resistência em adolescentes obesos (LEE *et al.*, 2012).

Inicialmente, o HIIT foi utilizado para atletas e indivíduos adultos saudáveis (GIBALA *et al.*, 2012; BABRAJ *et al.*, 2009) e, mais recentemente, os exercícios intervalados de alta intensidade (HIIT) foram propostos como estratégia terapêutica para reduzir as doenças cardiovasculares na população infanto-juvenil obesa (BUCHAN *et al.*, 2013).

O treinamento de intervalo de alta intensidade (HIIT) consiste em intervalos curtos de exercício em alta intensidade intermitente por intervalos de menor intensidade e está associado com melhora da composição corporal e saúde metabólica em adultos. Estudos em adolescentes com excesso de peso são escassos (HERGET *et al.*, 2016), contudo o tempo gasto em exercícios físicos de intensidade vigorosa tem sido associado a resultados positivos para a saúde, sugerindo que atividades de alta intensidade podem auxiliar os jovens a reduzir o risco de várias doenças crônicas (CARSON *et al.*, 2014).

Por outro lado, há necessidade de mais pesquisas para avaliar os efeitos colaterais de atividades intensas em indivíduos obesos, como as relacionadas ao sistema musculoesquelético (AZEVEDO; BRITO, 2012), pois no presente estudo foram encontrados desconfortos articulares em 25% dos adolescentes obesos, localizados em membros inferiores (joelho e tornozelo), na fase inicial do HIIT, sem prejuízos no crescimento em estatura, como ocorreu em outros estudos conduzidos em adolescentes (BUCHAN *et al.*, 2013). Entretanto, estudo que comparou o efeito do HIIT e do HIIT + pliometria em adolescentes obesas, durante o período de intervenção de 12 semanas relatou que não houve casos de lesões (RACIL *et al.*, 2016).

Na presente pesquisa, ambos os grupos apresentaram aumento da massa corporal, considerado ES como trivial, e a estatura como provavelmente benéfico, o que indica que as mudanças naturais do crescimento e desenvolvimento não foram prejudicadas, principalmente no GHIIT. Na análise das variações do IMC, o IMCz, a CA, a RCEst e o %GC houve diminuição no GHIIT em comparação ao GC, que apresentou aumentos após 12 semanas de intervenção, o que ressalta os efeitos positivos do HIIT em relação as possíveis mudanças na composição corporal sem

intervenção nutricional. Portanto, a **Hipótese 1 foi aceita**, pois considerava que as medidas de composição corporal diminuiriam após 12 semanas de HIIT.

Resultados semelhantes foram encontrados em estudo que comparou o treinamento intervalado de baixa e alta intensidade em crianças obesas, porém com seis semanas de intervenção (LAU *et al.*, 2014). Assim como, alterações significativas no IMC, % GC e na RCEst foram encontradas em estudo recente com adolescentes obesos que foram submetidos ao HIIT com duração de 60 minutos por sessão, 2 vezes por semana durante 24 semanas (BLUHER *et al.*, 2017).

Outras pesquisas corroboram com o impacto positivo do HIIT sobre as medidas antropométricas, sendo um estudo que aplicou HIIT em 2 dias por semana adicionado a uma vez por semana de treinamento de resistência, identificou melhoras no % GC e na RCEst de adolescentes masculinos obesos (LOGAN *et al.*, 2016), e outro conduzido em crianças obesas, identificou redução da massa corporal e do IMC com 12 semanas de HIIT (ARAÚJO *et al.*, 2012).

Entretanto, pesquisa que comparou o HIIT com tratamento multidisciplinar (exercício, aconselhamento dietético e psicológico) em adolescentes obesos, após 12 semanas, identificou aumento da estatura, porém a massa corporal ficou inalterada em ambos os grupos (TJONNA *et al.*, 2009). Outro estudo que comparou o efeito de oito semanas de exercício aeróbico e HIIT em adolescentes masculinos com peso normal e obesos, também não apresentou mudanças na massa corporal e no IMC (KARGARFARD *et al.*, 2016). O que pode justificar estes resultados diferentes são as faixas etárias, idade maturacional, ausência de grupo controle em alguns estudos, a frequência de 2 a 3 vezes por semana de treinamento e o tempo em meses de intervenção, porém parece que o HIIT influencia a composição corporal e tem boa adesão em populações infanto-juvenis.

Na população pediátrica obesa, os efeitos dos diferentes tipos e intensidades de exercícios físicos ainda são divergentes, visto que um programa de controle de peso corporal de 3 semanas com dietas personalizadas e treinamento 2 vezes por dia, identificaram diminuição na massa corporal e massa de gordura, avaliadas por bioimpedância tetrapolar elétrica, nos grupos que realizaram corridas de alta intensidade (31 ± 4 minutos) e corridas intervaladas de alta intensidade (37 ± 3 minutos) em comparação com corridas de baixa intensidade (45 ± 6 minutos) (LAZZER *et al.*, 2017).

Estudo com metanálise, concluiu que o HIIT pode ser estratégia viável e eficaz para melhorar a aptidão relacionada à saúde em jovens, porém a duração da intervenção foi um moderador para o efeito do HIIT no percentual de gordura corporal (COSWIG *et al.*, 2015).

Quanto ao perfil lipídico, os benefícios da prática de exercícios físicos regulares nas análises sanguíneas são incertos (STONER *et al.*, 2016). Sabe-se que a dislipidemia é mais prevalente entre crianças e adolescentes com sobrepeso/obesidade e fisicamente inativos do que entre aqueles com baixo peso e peso normal e aptos fisicamente (REUTER *et al.*, 2016). Portanto, sugerem-se intervenções terapêuticas e práticas interdisciplinares para a prevenção e o controle da obesidade e dislipidemias, como o encorajamento de prática de atividade física e prevenção de problemas de saúde.

Na presente pesquisa, o CT e o HDL-c apresentaram diminuição significativa após as 12 semanas de intervenção, considerado ES como provavelmente benéfico para CT, porém revelou efeito provavelmente prejudicial para a redução do HDL-c e no aumento do LDL-c. As variações da INS e do HOMA-IR diminuíram no grupo GHIIT e GC, com variação percentual maior no GHIIT após as 12 semanas. A GLIC, o LDL-c e o QUICKI aumentaram nos dois grupos com efeito provavelmente prejudicial na GLIC e no LDL-c, porém o TG diminuiu no GHIIT e aumentou no GC com efeito trivial.

Resultados diferentes foram encontrados em estudo com adolescentes obesas envolvidas em treinamento intervalado de moderada e de alta intensidade por 12 semanas, cujo estudo demonstrou redução no CT (ES=0,62) e na insulina (ES=0,79) no grupo treinamento intervalado de alta intensidade em comparação ao grupo de moderada intensidade e grupo controle (RACIL *et al.*, 2013). Outro estudo que comparou o HIIT com tratamento multidisciplinar (exercício, aconselhamento dietético e psicológico) em adolescentes obesos, verificou que a GLIC, a INS e o HOMA-IR diminuíram no HIIT em comparação com o tratamento multidisciplinar (TJONNA *et al.*, 2009).

Neste estudo, o treinamento intervalado de alta intensidade reduziu a PAD com efeito considerado como benéfico e a FCrep como provavelmente benéfico após 12 semanas de intervenção. Entretanto no GC, a PAD e a FCrep aumentaram com efeitos provavelmente prejudicial após as 12 semanas sem intervenção. No entanto, não houve alteração na PAS e na FCmáx, em ambos os grupos. Na análise das Δ variações, a PAS, a PAD, a FCrep, a FCmáx e o VO_{2pico} relativo apresentaram $\Delta\%$

diminuídos no HIIT após as 12 semanas de treinamento em comparação com GC que apresentou $\Delta\%$ aumentados após o período de intervenção sem o HIIT

Os resultados desta pesquisa corroboram com o que foi encontrado em estudo que comparou o HIIT com tratamento multidisciplinar (exercício, aconselhamento dietético e psicológico) em adolescentes obesos, em que a PAD e o VO_2pico relativo ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) aumentaram no HIIT, porém não houve alteração no grupo de tratamento multidisciplinar. Em relação a PAS, houve diminuição em ambos os grupos (TJONNA *et al.*, 2009). Entretanto, estudo que comparou o efeito de 8 semanas de exercício aeróbico e HIIT em adolescentes masculinos com peso normal e obesos, identificou melhora do VO_2pico relativo ($\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) no grupo de obesos que foi submetido ao HIIT e a PAS e PAD, tanto no exercício aeróbico como no HIIT, em ambos os grupos (KARGARFARD *et al.*, 2016).

Em estudo do tipo metanálise (GARCÍA-HERMOSO *et al.*, 2016), identificou que as intervenções com HIIT (4-12 semanas de duração) produziram maiores diminuições na pressão arterial sistólica e maiores aumentos no consumo máximo de oxigênio do que outras formas de exercício, especialmente quando comparado ao treinamento contínuo de moderada intensidade. Resultados que indicam o HIIT como exercício eficaz para a saúde, com volume de atividades muito menor e comprometimento de tempo reduzido para jovens obesos. Dessa forma, pode ser alternativa para ampliar a aptidão física de adolescentes com excesso de peso, que em geral apresentam prejuízo na aptidão cardiorrespiratória em nível máximo e submáximo quando comparados aos adolescentes com peso normal (GOMES *et al.*, 2014).

Outro estudo de metanálise, identificou aumento do VO_2pico relativo em adultos (18-35 anos de idade) com peso normal ($\text{ES}=0,83$) e com excesso de peso ($\text{ES}=0,74$), porém não mostrou efeito na FCrep em ambas as populações com HIIT < 12 semanas; também identificou aumento do VO_2pico relativo e FCrep na população com excesso de peso no HIIT ≥ 12 semanas, fato que propõe pelo menos três vezes por semana durante 12 semanas com treinamento de intervalo de alta intensidade como parte de um programa de exercícios para melhorar a aptidão cardiorrespiratória sobre a saúde de adultos jovens (BATAKAN JR *et al.*, 2017), o que corrobora com a presente pesquisa fortalecendo os benefícios e a viabilidade do HIIT para faixas etárias posteriores a desta pesquisa.

Portanto, a **Hipótese 2 foi aceita parcialmente**, pois referenciava que a aptidão cardiorrespiratória, a pressão arterial, o perfil lipídico, a glicemia e a insulinemia sofreriam alterações positivas em relação à saúde dos adolescentes obesos após 12 semanas de HIIT. Entretanto, o presente estudo evidenciou modificações na aptidão cardiorrespiratória, PAD e FCrep, sem alterações positivas no perfil lipídico e na glicemia com a prática regular de HIIT.

Nesta pesquisa, a atividade enzimática da BChE apresentou redução após o período de intervenção no GHIIT, considerada com efeito possivelmente benéfico e aumento muito prejudicial no GC. Estes resultados são interessantes, pois a atividade da BChE foi previamente sugerida como marcador para síndrome metabólica em indivíduos adultos obesos (ALCÂNTARA *et al.*, 2005), nas alterações na adiposidade e perfil lipídico em idosos com diabetes mellitus tipo 2 (IWASAKI *et al.*, 2007), para doença aterosclerótica em adultos saudáveis (VALLIANOU *et al.*, 2014) e na comparação de adolescentes obesos e não obesos (CHAVES *et al.*, 2013, FURTADO-ALLE *et al.*, 2008). A BChE é considerada como marcador de inflamação sistêmica significativa, que está envolvida na patogênese de doenças cardiovasculares (DAS *et al.*, 2012).

Os resultados da presente pesquisa reforçam a importância da análise da atividade da BChE após aplicação de exercícios físicos, pois poucos estudos analisaram a resposta da BChE nessas condições, com resultados semelhantes à presente pesquisa. Os estudos (MILANO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2012) foram conduzidos com a mesma frequência semanal, com mesmo número total de sessões de exercícios e tempo de duração de 12 semanas, apenas o tipo de exercício aplicado e a duração da sessão foram diferentes. Um estudo foi conduzido com a prática de exercícios físicos aeróbicos, 3 vezes por semana, com cada sessão consistindo em 110 minutos, e identificou a diminuição da atividade da BChE (MILANO *et al.*, 2013). A outra pesquisa encontrou correlação entre BChE e metabolismo lipídico sugerindo que a prática de exercícios físicos pode ter levado a regularização fisiológica da atividade BChE plasmática (SILVA *et al.*, 2012). Em vista disso, parece que a atividade enzimática da BChE está relacionada à obesidade, responde à prática de exercícios físicos e pode ser utilizada como marcador secundário para os riscos associados à obesidade na fase infanto-juvenil.

Na presente pesquisa, os adolescentes obesos apresentaram aumentos na espessura médio-intimal, independente do grupo. Aspectos morfológicos e funcionais

da artéria carótida são particularmente influenciados pela idade (BARONCINI *et al.*, 2016), dimensões corporais, pressão arterial (DOYON *et al.*, 2014), e a espessura médio-intimal de artéria carótida foi diretamente correlacionado com o peso corporal, CA, %GC e HOMA-IR e inversamente correlacionado com % de massa gorda livre, HDL-c e $VO_{2\text{máx}}$ em crianças e adolescentes obesos (SILVA *et al.*, 2014).

Os resultados da presente pesquisa com o HIIT são semelhantes ao estudo com adolescentes obesos de ambos os sexos, que verificou o efeito de 12 semanas de exercício aeróbico ou resistido realizados 3 vezes por semana, e não encontrou mudanças na EMI de artéria carótida em nenhum dos tipos de treinamento (HORNER *et al.*, 2015). No entanto, mais estudos se mostram necessários, a fim de que se possa esclarecer todos os mecanismos envolvidos na ação terapêutica sobre o endotélio. Existem efeitos agudos e subagudos do exercício físico que podem ser capazes de atenuar os parâmetros de risco cardiovascular (KRUGER *et al.*, 2015) na função endotelial, inclusive o HIIT (KESSLER; SISSON; SHORT, 2012). Também é preciso que se permita uma análise da intensidade de treinamento mais adequada a estes indivíduos, pois exercícios intensos estão também relacionados ao aumento no consumo de oxigênio e ao consequente aumento na formação de radicais livres de oxigênio (PINHO *et al.*, 2010).

Estudo do tipo metanálise (GARCÍA-HERMOSO *et al.*, 2016), identificou maior diminuição na EMI de artéria carótida em estudos com maior duração (≥ 24 semanas), no entanto, estudos de menor duração (12 semanas) e com mais minutos por semana de exercício (240-250 min/semana) podem promover mudanças significativas na EMI de população pediátrica obesa, fato que justificaria os resultados encontrados nesta pesquisa com relação a EMI, visto que o treinamento teve duração de 12 semanas, porém com um acúmulo semanal de 135 min/semana de HIIT. A metanálise citada acima encontrou artigos que utilizaram o treinamento aeróbico, resistido ou concorrente, nenhum artigo utilizando o treinamento desta pesquisa.

Portanto, a **Hipótese 3 foi aceita parcialmente**, pois considerava que a atividade da BChE e a EMI de artéria carótida diminuiriam em adolescentes obesos após 12 semanas de HIIT, sendo que somente a BChE diminuiu após 12 semanas de HIIT, porém a BChE teve aumento considerado como muito prejudicial no GC, detacando-se como marcador precoce na obesidade infanto-juvenil.

Apesar de estudos experimentais serem considerados padrão-ouro para análise de intervenções terapêuticas, na maioria das vezes são realizados em uma

comunidade, o que dificulta a generalização dos resultados. Esta pesquisa apresenta limitações em função do tamanho da amostra reduzida no grupo experimental e no controle. Contudo, este estudo surge como estratégia viável para a população de adolescentes, principalmente com obesidade, para maior adesão tanto nas aulas de Educação Física escolar como em atividades físicas no contraturno, pela dinâmica das aulas, tempo menor expostos à prática e resultados benéficos para a saúde dos adolescentes. É importante aumentar o gasto energético em adolescentes obesos com a prática de exercícios físicos que despertem o prazer na sua realização, dessa forma promovendo a saúde e a qualidade de vida, bem como diminuindo possíveis comportamentos sedentários já adquiridos.

6 CONCLUSÃO

O HIIT sem intervenção dietética pode contribuir em aspectos motivacionais na mudança do quadro de obesidade e fatores de risco cardiovasculares, por proporcionar movimentos com diferentes intensidades e menor tempo de duração, fato comprovado pela grande adesão ao treinamento.

A maturação biológica manteve-se preservada com esse tipo de treinamento, que é considerado de alta intensidade, pois houve aumento na estatura, tanto no GHIIT como no GC, após as 12 semanas de intervenção. Porém, o percentual de gordura aumentou significativamente no GC, o que demonstrou efeito negativo na saúde dos adolescentes que não praticaram o HIIT.

Em relação as variáveis clínicas e bioquímicas, o HIIT foi efetivo para promover redução significativa no CT, na PAD, na BChE e na FC_{rep} , o que sugere que o efeito do exercício proporcionou mudanças nos fatores de risco cardiovasculares e na atividade da BChE.

Conclui-se que a prática regular de atividades físicas do tipo HIIT proporciona benefícios à saúde e redução da atividade da BChE, mesmo em situações de manutenção dos parâmetros antropométricos, enquanto que a falta de atividade física pode acarretar em piora da situação clínica e aumento da atividade da BChE em adolescentes obesos. As modificações na BChE expressaram sensibilidade à presença ou ausência da atividade física regular, portanto, sugere-se que a atividade da BChE possa ser utilizada no controle e acompanhamento clínico em adolescentes obesos.

REFERÊNCIAS

- ABESO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA. **Diretrizes Brasileiras de Obesidade 2009-2010**. Anais... . p.11–83, 2009. Disponível em: <http://www.abeso.org.br/pdf/diretrizes_brasileiras_obesidade_2009_2010_1.pdf>.
- ACOSTA, M. C.; MANUBAY, J.; LEVIN, F. R. Pediatric obesity: Parallels with addiction and treatment recommendations. **Harvard Review of Psychiatry**, v. 16, n. 2, p. 80–96, 2008.
- AGOSTINETE, R.R. et al. Efeito do treinamento combinado na gordura abdominal e densidade/conteúdo mineral ósseo em adolescentes obesos. **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 22, n. 2, 53-58, 2015.
- ALBERTI, K. G. M. M.; ZIMMET, P. Z. WHO Consultation: definition, diagnosis and classification of the diabetes mellitus. Part 1. **Diabetic Medicine**, v. 15, p. 539-553, 1998.
- ALCÂNTARA, V. M. et al. Butyrylcholinesterase activity and metabolic syndrome in obese patients. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 43, n. 3, p. 285–288, 2005.
- AMERICAN HEART ASSOCIATION (AHA). Statistical Fact Sheet 2014 Update. High Blood Cholesterol & Other Lipids, 2014, <http://www.heart.org/>.
- ANTUNES, B. M. M. et al. Effect of concurrent training on risk factors and hepatic steatosis in obese adolescents. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 31, n. 3, p. 371-376, 2013.
- ANYAEGBU, E.; DHARNIDHARKA, V. Hypertension in the teenager. **Pediatrics Clinics of North America**, v. 61, n. 1, p. 131-151, fev. 2014.
- ARAÚJO, A. C. C. et al. Similar health benefits of endurance and high-intensity interval training in obese children. **Plos One**, v. 7, n. 8, aug. 2012.
- ASHWELL, M. Waist to height ratio and the AshwellR shape chart could predict the health risks of obesity in adults and children in all ethnic groups. **Nutrition & Food Science**, v. 35, n. 5, p. 359-364, oct. 2005. DOI: 10.1108/00346650510625575
- AZEVEDO, F. R.; BRITO, B. C. Influência das variáveis nutricionais e da obesidade sobre a saúde e o metabolismo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 58, n. 6, p. 714-723, 2012.
- AYER, J. et al. Lifetime risk: childhood obesity and cardiovascular risk. **European Heart Journal**, n. 36, p. 1371-1376, 2015.

BABRAJ, et al. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males. **BMC Endocrine Disorders**, v. 9, n. 3, p. 1-8, 2009.

BALDASSARRE, D. et al. Reproducibility validation study comparing analog and digital imaging technologies for the measurement of intima-media thickness. **Stroke**, v. 31, n. 5, p. 1104–1110, 2000.

BARBOSA, J. P. A. S. et al. Physical activity level in individuals with peripheral arterial disease: a systematic review. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 11, n. 1, p. 23-28, 2011.

BARONCINI, L. A. V.; SYLVESTRE, L. C.; PECOITS FILHO, R. Avaliação da espessura médio-intimal em crianças saudáveis entre 1 e 15 anos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 106, n. 4, p. 319-326, 2016.

BARTLETT, J. D. et al. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. **Journal of Sports Science**, v. 29, p. 547–553, 2011.

BATACAN JR, R. B. et al. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. **British Journal of Sports Medicine**, v. 51, p. 494-503, 2017.
Doi:10.1136/bjsports-2015-095841

BEAN, M. K. et al. Motivational Interviewing with parents of Overweight Children: Study Design and Methods for the NOURISH+MI Study. **Contemporary Clinical Trials**, v. 37, n. 2, p. 312–321, mar. 2014.

BEAVERS, K. M.; BRINKLEY, T. E.; NICKLAS, B. J. Effect of exercise training on chronic inflammation. **Clinica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 411, n. 11-12, p. 785-793, jun. 2010.

BENSON, A. C.; TORODE, M.E.; SINGH, M. A. F. A rationale and method for high-intensity progressive resistance training with children and adolescents. **Contemporary Clinical Trials**, v. 28, p. 442–450, 2007.

BENYAMIN, B. et al. GWAS of butyrylcholinesterase activity identifies four novel loci, independent effects within BCHE and secondary associations with metabolic risk factors. **Human Molecular Genetics**, v. 20, n. 22, p. 4504–4514, 2011.

BENYAMIN, R. M.; YANOVSKI, S. Z.; SÍMONS-MORTON, D. G. Can primary care physician-driven community programs address the obesity epidemic among high risk populations? **JAMA: Internal Medicine**, v. 173, n. 19, oct. 2013.

BIBILONI, M. M. et al. Serum lipid levels and dyslipidaemia prevalence among 2–10 year-old northern mexican children. **Plos One**, v. 20, p. 1-14, mar. 2015.

- BLUHER, S. et al. Cardiometabolic risk markers, adipocyte fatty acid binding protein (aFABP) and the impact of high-intensity interval training (HIIT) in obese adolescents. **Metabolism**, v. 68, p. 77-87, mar. 2017.
- BOODAI, S. A. et al. Prevalence of cardiometabolic risk factors and metabolic syndrome in obese Kuwaiti adolescents. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity. Targets and Therapy*, v. 7, p. 505–511, 2014.
- BOOTH, F. W.; ROBERTS, C. K.; LAYE, M. J. Lack of exercise is a major cause of chronic diseases. **Journal Comparative Physiology**, v. 2, n. 2, p. 1143–1211, 2012.
- BOUTCHER, S. H. High-intensity intermittent exercise and fat loss. **Journal of Obesity**, 2011. DOI: 10.1155/2011/868305.
- BRADY, T. M. et al. Carotid intima-media thickness in children with CKD: results from the CKiD study. **Clinical Journal of the American Society of Nephrology**, v. 7, n. 12, p. 1930-1937, 2012.
- BRANDÃO, A. A. et al. I Posicionamento Luso-Brasileiro de Pressão Arterial Central. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 108, n. 2, p. 100-108, 2017.
- BUCHAN, D. S. et al. High intensity interval running enhances measures of physical fitness but not metabolic measures of cardiovascular disease risk in healthy adolescents. **BMC Public Health**, v. 13, n. 498, p. 1-12, 2013.
- BULUT, S. et al. Effects of conjugated linoleic acid supplementation and exercise on post-heparin lipoprotein lipase, butyrylcholinesterase, blood lipid profile and glucose metabolism in young men. **Chemical-Biological Interactions**, v. 203, p. 323–329, 2013.
- CAAMAÑO, M. C. et al. Simple anthropometric measurements to predict dyslipidemias in Mexican school-age children: a cross-sectional study. **Open Journal of Preventive Medicine**, v. 1, n. 3, p. 171-181, 2011.
- CAI, L. et al. The effect of childhood obesity prevention programs on blood lipids: a systematic review and meta-analysis. **NIH Public Access**, v. 72, n. 2, p. 181–204, 2014.
- CALDERON-MARGALIT, R. et al. Butyrylcholinesterase Activity, Cardiovascular Risk Factors, and Mortality in Middle-Aged and Elderly Men and Women in Jerusalem. **Clinical Chemistry**, v. 52, n. 5, p. 845- 852, 2006.
- CARNIER, J. et al. Aerobic training (AT) is more effective than aerobic plus resistance training (AT + RT) to improve anorexigenic/orexigenic factors in obese adolescents. **Appetite**, v. 69, p. 168–173, 2013.
- CARSON, V. et al. Vigorous physical activity and longitudinal associations with cardiometabolic risk factors in youth. **International Journal of Obesity**, v. 38, p. 16-21, 2014.

CARVAJAL, C. C. Síndrome metabólico: definiciones, epidemiología, etiología, componentes y tratamiento. **Medicina Legal de Costa Rica**, v. 34, n. 1, mar. 2017. ISSN 1409-0015.

CARVALHO, E. A. A. et al. Obesidade: aspectos epidemiológicos e prevenção. **Revista de Medicina de Minas Gerais**, v. 23, n.1, p. 74-82, 2013.

CASTRO, J. A. C.; NUNES, H. E. G.; SILVA, D. A. S. Prevalência de obesidade abdominal em adolescentes: associação entre fatores sociodemográficos e estilo de vida. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 34, n. 3, p. 343-351, 2016.

CDC. Center for Disease Control and Prevention – National Center for Health Statistics, 2002. **CDC Growth Charts: UNITED STATES** [on-line]. Available from: [http:// www.cdc.gov/growthcharts/](http://www.cdc.gov/growthcharts/), [maio, 15, 2004].

CHAVES, T. J. et al. -116A and K BCHE gene variants associated with obesity and hypertriglyceridemia in adolescents from Southern Brazil. **Chemistry-Biological Interactions**, v. 203, p. 341–343, 2013.

CHRISTOFARO, D. G. D. et al. Validação do monitor de medida de pressão arterial Omron HEM 742 em adolescentes. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 92, n. 1, p. 10-15, 2009.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences** **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**, 1988. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=TI0N2IRAO9oC&pgis=1>.

CORNISH, A. K.; BROADBENT, S.; CHEEMA, B. S. Interval training for patients with coronary artery disease: a systematic review. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, p. 579–589, 2011.

COOK, S.; KAVEY, R. E. W. Dyslipidemia and Pediatric Obesity. **Pediatric Clinics and Pediatric Obesity**, v. 58, n. 6, p. 1363-1373, 2011.

CORREA, C. S. et al. Postprandial lipemia and cardiovascular diseases: the beneficial role of strength exercise. **Journal Vascular Brasileiro**, v. 13, n. 2, p. 123-130, abr/jun. 2014.

COSTA, M. C.; BRITO, L. L.; LESSA, I. Práticas alimentares associadas ao baixo risco cardiometabólico em mulheres obesas assistidas em ambulatórios de referência do Sistema Único de Saúde: estudo de caso-controle. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 67-78, jan/mar. 2014.

COSWIG, V. S. et al. Exercício intermitente de alta intensidade como alternativa na reabilitação cardiovascular: uma metanálise. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Pelotas/RS, v.20, n. 4, p. 340-351, jul. 2015.

COTE, A. T. et al. Childhood obesity and cardiovascular dysfunction. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 62, n. 15, 2013.

COTE, A. T. et al. Obesity and arterial stiffness in children: systematic review and meta-analysis. **Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology**, v. 35, p. 1038-1044, 2015.

COUTINHO, P. et al. Association between adiposity indicators, metabolic parameters and inflammatory markers in a sample of female adolescents. **Archives Endocrinology and Metabolism**, v. 59, n. 4, 325-334, 2015.

CROMLEY, T. R. et al. Relationships between body satisfaction and psychological functioning and weight-related cognitions and behaviors in overweight adolescents. **Journal of Adolescent Health**, v. 50, n. 6, p. 651–653, 2012.

CUCUIANU, M.; POPESCU, T. A.; HARAGUS, S. T. Pseudocholinesterase in obese and hyperlipemic subjects. **Clinica Chimica. Acta**, v. 22, p. 151-155, 1968.

CUNHA, C. T. et al. Effect of an educational program on schoolchildren's energy expenditure during physical education classes. **Medical Express (São Paulo, online)**, v. 3, n. 1, feb. 2016.

DANIELS, S. R. et al. Expert panel on integrated guidelines for cardiovascular health and risk reduction in children and adolescents summary report. **NIH Publication**, n. 12, oct. 2012.

DANIELS, S. R.; GREER, F. R. Lipid screening and cardiovascular health in childhood. **American Academy of Pediatrics**, 2008. Acesso em: 03 ago. 2016.

DAS, U. N. Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase as markers of low-grade systemic inflammation. **Annals of Hepatology**, v. 11, n. 3, p. 409-411, mai/jun. 2012.

DE BOER, M. D. Obesity, systemic inflammation, and increased risk for cardiovascular disease and diabetes among adolescents: a need for screening tools to target interventions. **Nutrition**, v. 29, p. 379–386, 2013.

DI BARI, M. et al. Dysregulated Homeostasis of Acetylcholine Levels in Immune Cells of RR-Multiple Sclerosis Patients. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 12, p. 1-12, nov. 2016.

DIETZ, A. A. et al. Improved method for the differentiation of cholinesterase variants. **American Journal of Genetics**, v. 24, p.58-64, 1972.

DIRETRIZES DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (2015-2016). **São Paulo**: A.C. Farmacêutica, 2016.

DORNELES, A. Z. et al. Waist-to-height ratio as an indicator of dyslipidemia in brazilian school-aged children and adolescents. **Journal of Pediatrics & Child Health Care**, v. 1, n. 1, 2016.

DOYON, A. et al. Carotid artery intima-media thickness and distensibility in children and adolescents: reference values and role of body dimensions. **Hypertension**, v. 64, n. 5, p. 121-122, 2014.

DUARTE, A.C; CASTELLANI, F.R. **Semiologia Nutricional**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2002.

DUARTE, C. W. et al. Discovery of phenotypic networks from genotypic association studies with application to obesity. **International Journal of Data Mining Bioinformatics**, v. 12, n. 2, p. 129–143, 2015.

DUARTE, M. F. S.; DUARTE, C. R. Validade do teste aeróbico de corrida de vai-e-vem de 20 metros. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. Brasília, v. 9, n. 3, p. 07-14, jul, 2001.

ELÍAS-BONETA, A. R. et al. High prevalence of overweight and obesity among a representative sample of Puerto Rican children. **BMC Public Health**, v. 15, n. 1, p. 219, 2015.

FARIA NETO, J. R. et al. ERICA: prevalência de dislipidemia em adolescentes brasileiros. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, supl 1, p. 1-10, 2016.

FARIAS, E. S. et al. Excesso de peso e fatores associados em adolescentes. **Revista de Nutrição, Campinas**, v. 25, n. 2, p. 229-236, mar/abr, 2012.

FERNANDES, A. E.; FUJIWARA, C. T. H.; MELO, M. E. Genética: causa comum da obesidade. **ABESO**, v. 54, p. 11-14, dez. 2011.

FERNANDES, R. A. et al. Aptidão cardiorrespiratória, excesso de peso e pressão arterial elevada em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 6, p. 404-407, nov/dez. 2010.

FERNÁNDEZ, J. R. et al. Waist circumference percentiles in nationally representative samples of african-american, european-american, and mexican-american children and adolescents. **Journal of Pediatrics**, v. 145, n. 4, p. 439–444, 2004.

FISBERG, M. et al. Obesogenic environment --- intervention opportunities. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 92, suppl. 3, p. 30-39, 2016.

FLEGAL, K. M. et al. Comparisons of percentage body fat, body mass index, waist circumference, and waist-stature ratio in adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 89, p. 500-508, 2009.

FONSECA-JUNIOR, S. J. et al. Exercício físico e obesidade mórbida: uma revisão sistemática. **Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva**, v. 26, Supplem 1, p. 67-73, 2013.

FRANCISQUETTI, F. V.; NASCIMENTO, A. F.; CORRÊA, C. R. Obesidade, inflamação e complicações metabólicas. **Nutrire**, v. 40, n. 1, p. 81-89, apr. 2015.

FREEDMAN, D. S. et al. Relation of body mass index and skinfold thicknesses to cardiovascular disease risk factors in children : the Bogalusa Heart Study 1 – 4. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 90, p. 210–216, 2009.

FREIRE, C. M. V. et al. Recomendação para a quantificação pelo ultrassom da doença aterosclerótica das artérias carótidas e vertebrais: Grupo de Trabalho do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia – DIC - SBC. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia - Imagem Cardiovascular**, v. 28, p. 1–64, 2015.

FRIEDEWALD, W. T.; LEVY, R. I.; FREDRICKSON, D. S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultra centrifuge. **Clinical Chemistry**, v. 18, n. 6, p. 449-502, 1972.

FRIGNANI, R.R. et al. Reference curves of the body fat index in adolescents and their association with anthropometric variables. **Jornal de Pediatria, Rio de Janeiro**, v. 91, n. 3, p. 248-255, 2015.

FURTADO-ALLE, L. et al. Association of variants of the – 116 site of the butyrylcholinesterase BCHE gene to enzyme activity and body mass index. **Chemical-Biological Interactions**, v. 175, p. 115–118, 2008.

GARCIA, R. G.; MOODIE, D. S. Routine cholesterol surveillance in childhood. **Pediatrics**, v. 84, n. 5, nov.1989.

GARCÍA-HERMOSO, A. et al., Is high-intensity interval training more effective on improving cardiometabolic risk and aerobic capacity than other forms of exercise in overweight and obese youth? A meta-analysis. **Obesity Reviews**, p.1-10, 2016.

GHISI, G. L. M. et al. Exercício físico e disfunção endotelial. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 5, p. 130-137, 2010.

GIBALA, M.J. et al. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **The Journal of Physiology**, v. 590, p. 1077–1084, 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, K. B.; CARLETTI, L.; PEREZ, A. J. Desempenho em teste cardiopulmonar de adolescentes: peso normal e excesso de peso. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 3, p. 195-199, mai/jun. 2014.

GONÇALVES, R. et al. Associação de índice de massa corporal e aptidão física aeróbica com fatores de risco cardiovascular em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 32, n. 3, p. 208-214, 2014.

GUERRA, P. H.; FARIAS JÚNIOR, J. C.; FLORINDO, A. A. Comportamento sedentário em crianças e adolescentes brasileiros: revisão sistemática. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, n. 9, 2016.

HANEY, E. M. et al. Screening and treatment for lipid disorders in children and adolescents: systematic evidence review for the us preventive services task force. **Pediatrics**, v. 120, n. 1, jul. 2007.

HERGET, S. et al. High-intensity interval training for overweight adolescents: program acceptance of a media supported intervention and changes in body composition. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 11, 2016.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. **Avaliação da composição corporal aplicada**. Barueri: Manole, 2000. 242 p.

HORNER, K.; BARINAS-MITCHELL, E.; DEGROFF, C.; KUK, J. L.; DRANT, S.; LEE, S. Effect of aerobic versus resistance exercise on pulse wave velocity, intima media thickness and left ventricular mass in obese adolescents. **Pediatric Exercise Science**, v. 27, n. 4, p. 494–502, 2015. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=111925304&lang=pt-br&site=ehost-live&authtype=ip,cookie,uid>>.

HUSSAN, R. M.; KHAYAT, T. A. Relationship among serum level of butyrylcholinesterase, oxidative stress and lipid profile in premenopausal and postmenopausal iraqi women. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 5, n. 11, p. 773-780, nov. 2014.

IWASAKI, T. et al. Serum butyrylcholinesterase is strongly associated with adiposity, the serum lipid profile and insulin resistance. **Internal Medicine**, v. 46, n. 19, p. 1633-1639, 2007.

JELLINGER, P.S. et al. Lifetime measures of ideal cardiovascular health and their association with subclinical atherosclerosis: the cardiovascular risk in young Finns study. **International Journal of Cardiology**, v. 185, p. 186–191, 2015

JOSVIAK, N. D. et al. Plasma butyrylcholinesterase activity: a possible biomarker for differential diagnosis between Alzheimer's disease and dementia with Lewy bodies? **International Journal of Neuroscience**, [Accepted Manuscript], 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207454.2017.1329203>.

JUHOLA, J. et al. Combined effects of child and adult elevated blood pressure on subclinical atherosclerosis. **Circulation**, v. 128, p. 217-224, 2013.

KARGARFARD, M. et al. Effects of endurance and high intensity training on ICAM-1 and VCAM-1 levels and arterial pressure in obese and normal weight adolescents. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 44, n. 3, p. 208-216, sep. 2016.

KARNIK, S.; KANEKAR, A. Childhood Obesity : A Global Public Health Crisis. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 3, n. 1, p. 1–7, 2012.

KATZ, A. et al. Quantitative insulin sensitivity check index: a simple, accurate method for assessing insulin sensitivity in humans. **The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism**, v. 85, n. 7, p. 2402-2410, 2000.

KAWADA, N. et al. Gender differences in the relationship between blood pressure and body mass index during adolescence. **Obesity Research & Clinical Practice**, v. 9, p. 141-151, 2015.

KEATING, S. E. et al. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. **Obesity Reviews**, v. 18, n. 8, p. 943-964, aug. 2017.

KELISHADI, R. et al. Association of changes in oxidative and proinflammatory states with changes in vascular function after a lifestyle modification trial among obese children. **Clinical Chemistry**, v. 54, n. 1, p. 147–153, 2008.

KELISHADI, R. et al. First report on path analysis for cardiometabolic components in a nationally representative sample of pediatric population in the middle east and North Africa (MENA): The CASPIAN-III study. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v. 62, n. 3, p. 257–265, 2013.

KELLEY, G. A.; KELLEY, K. S.; PATE, R. R. Effects of exercise on BMI z-score in overweight and obese children and adolescents: a systematic review with meta-analysis. **BMC Pediatrics**, v. 14, n. 225, p. 1-16, 2014.

KESSLER, H. S.; SISSON, S. B.; SHORT, K. R. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. **Sports Medicine**, v. 42, n. 6, p. 489-509, 2012.

KOUBAA, A. et al. Effect of intermittent and continuous training on body composition cardiorespiratory fitness and lipid profile in obese adolescents. **Isr Journal of Pharmacy**, v. 3, n. 2, p.31-37, mar. 2013.

KRUGER, R. L. et al. Estresse oxidativo e a função endotelial: efeitos do exercício físico associado à lipemia pós-prandial. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 14, n. 4, p. 328-340, out/dez. 2015.

KUBO, T. Common approach to childhood obesity in Japan. **Journal of Pediatrics Endocrinology and Metabolism**, v. 27, n. 7-8, p. 581–592, 2014.

LAITINEN, T. T. et al. Lifetime measures of ideal cardiovascular health and their association with subclinical atherosclerosis: The Cardiovascular Risk in Young Finns Study. **International Journal of Cardiology**, v. 185, p. 186-191, 2015.

LAMPÓN, N. et al. Association between butyrylcholinesterase activity and low-grade systemic inflammation. **Annals of Hepatology**, v. 11, n. 3, p. 356–363, 2012.

LAU, P. W. C. et al. Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. **European Journal of Sport Science**, v. 15, n. 2, p. 182-190, 2015.

LAWRENCE, S. H.; MELNICK, P. J. Enzymatic activity related to human serum betalipoprotein: histochemical, imuno-electrophoretic and quantitative studies. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 107, p. 998-1001, 1961.

LAZZER, S. et al. Effects of high-intensity interval training on physical capacities and substrate oxidation rate in obese adolescents. **Journal of Endocrinological Investigation**, v. 40, n. 2, p. 217-226, fev. 2017.

LEE, L.; SANDERS, R. A. Metabolic syndrome. **Pediatrics Reviews**, v. 33, n. 10, p. 459-466, oct. 2012.

LEE, S. L. et al. Effects of aerobic versus resistance exercise without caloric restriction on abdominal fat, intrahepatic lipid, and insulin sensitivity in obese adolescent boys a randomized, controlled trial. **Diabetes**, v. 61, p. 2787-2795, nov. 2012.

LEGGATE, M. et al. Determination of inflammatory and prominent proteomic changes in plasma and adipose tissue after high-intensity intermittent training in overweight and obese males. **Journal of Applied Physiology**, v. 112, p. 1353-1360, 2012.

^aLEITE, N. et al. Associação entre o perfil lipídico e medidas antropométricas indicadoras de adiposidade em adolescentes. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n.2, p. 127-133, 2009.

^bLEITE, N. et al. Aptidão cardiorrespiratória, perfil lipídico e metabólico em adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 275-82, jul/set. 2009.

LEITE, N. et al. Efeitos de Exercícios Aquáticos e Orientação Nutricional na Composição Corporal de Crianças e Adolescentes Obesos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.12, n.4, p. 232-238, 2010.

LEITE, N. et al. Age and menarcheal status do not influence metabolic response to aerobic training in overweight girls. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, v. 5, n. 7, p.1-9, 2013.

LI, S. et al. Childhood cardiovascular risk factors and carotid vascular changes in adulthood. **JAMA**, v. 290, n. 17, nov. 2003.

LI, Q. et al. Recent progress in the identification of selective butyrylcholinesterase inhibitors for Alzheimer's disease. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v. 132, p. 294-309, may. 2017.

LIMA, J. K. et al. 1914G variant of BCHE gene associated with enzyme activity, obesity and triglyceride levels. **Gene**, v. 532, n. 1, p. 24–26, 2013.

LIMA, M. C. C.; ROMALDINI, C. C.; ROMALDINI, J. H. Frequency of obesity and related risk factors among school children and adolescents in a low-income community. A cross-sectional study. **São Paulo Medical Journal**, v. 133, n. 2, p. 125-130, 2015.

LIMA, N. M. S. et al. Excesso de peso em adolescentes e estado nutricional dos pais: uma revisão sistemática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 2, p. 627-636, 2017.

LIRA NETO, J. C. G. et al. Prevalência da Síndrome Metabólica em pessoas com Diabetes Mellitus tipo 2. **Revista Brasileira de Enfermagem** [Internet], v. 70, n. 2, p. 282-287, mar/abr. 2017.

LOBSTEIN, T. et al. Child and adolescent obesity: part of a bigger picture. **Lancet**, v. 385, n. 9986, p. 2510-2520, jun. 2015.

LOGAN, G. R. M. et al. Low-active male adolescents: a dose response to high-intensity interval training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 3, p. 481-490, mar. 2016.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric standardization reference manual**. [s.l: s.n.]v. 24.1988.

LOPES, M. D. F. A. et al. Efeitos da caminhada aquática sobre aspectos antropométricos e metabólicos em jovens obesos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 2, n. 17, p. 145–155, 2015.

LOPES, W. A. et al. Effects of 12 weeks of combined training without caloric restriction on inflammatory markers in overweight girls. **Journal of Sports Sciences**, v. 34, n. 20, p. 1902–1912. fev. 2016.

LOZANO, P. et al. Lipid screening in childhood and adolescence for detection of multifactorial dyslipidemia. **JAMA**, v. 316, n. 6, p. 634-644, 2016.

MACHADO FILHO, R. et al. Comparação de variáveis antropométrica de escolares da rede pública do Estado de São Paulo praticantes de handebol e atividade física geral após três meses de treinamento. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 7, n. 37, p. 71-77. jan/fev. 2013.

MACHADO-RODRIGUES, A. M. et al. Relationship between metabolic syndrome and moderate-to-vigorous physical activity in youth. **Journal of Physical Activity and Health**, v. 12, p. 13-9, 2015.

^aMACHADO-RODRIGUES, A. M. et al. Independent association of clustered metabolic risk factors with cardiorespiratory fitness in youth aged 11-17 years. **Annals of Human Biology**, v. 41, p. 271-276, 2014.

^bMACHADO-RODRIGUES, A. M. et al. Metabolic risk and television time in adolescent females. **International Journal of Public Health (Online)**, v. 60, p. 157-165, 2014.

MACPHERSON, R. E. K. et al. Run sprint interval training improves aerobic performance but not maximal cardiac output. **Medicine**, p. 114-122, jan. 2011.

MAGALHÃES, E. I. S. et al. Perímetro da cintura, relação cintura/estatura e perímetro do pescoço como parâmetros na avaliação da obesidade central em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 32, n. 3, p. 273, 282, 2014.

MAHMOOD, S. S. et al. The Framingham Heart Study and the epidemiology of cardiovascular disease: a historical perspective. Review. **Lancet**, v. 36, n. 13, 2013.

MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Crescimento, Maturação e Atividade Física**. São Paulo: Phorte, 2009.

MARSHALL, W. A.; TANNER, J. M. Variations in pattern of pubertal changes in girls. **Archives of Disease in Childhood**, v. 44, n. 291, 1986.

MASCARENHAS, L.P.G. et al. Variability of lipid and lipoprotein concentrations during puberty in boys. **Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism**, v. 28, n. 1-2, p. 125-131, 2015.

MASCARENHAS, L.P.G.; STABELINI NETO, A.; BOZZA, R.; CEZAR, C.J.; CAMPOS, W. Comportamento do consumo máximo de oxigênio e da composição corporal durante o processo maturacional em adolescentes do sexo masculino participantes de treinamento de futebol. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, v.14, n.1, p. 41-48, 2006.

MASSOULIÉ, J.; BON, S. The molecular forms of cholinesterase and acetylcholinesterase in vertebrates. **Annual Review of Neurosciences**, v. 5, p. 57-106, 1982.

McCORMACK, S. E. et al. Effects of exercise and lifestyle modification on fitness, insulin resistance, skeletal muscle oxidative phosphorylation, and intramyocellular lipid content in obese children and adolescents. **Pediatric Obesity**, v.9, n.4, p. 281-291, 2014.

MATTHEWS, D. R. et al. Homeostasis model assessment: insulin resistance and beta-cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. **Diabetologia**, v. 28, p. 412-419, 1985.

MENEZES, A. B. C. et al. Compreendendo as diferenças de gênero a partir de interações livres no contexto escolar. **Estudos de Psicologia**, v. 15, n. 1, p.79-87 jan/abr. 2010.

MENDES, E. L. et al. Waist circumference to height ratio predicts inflammatory risk in children. **Annals of Human Biology**, p. 1–9, 15 dez. 2016. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03014460.2016.1253771>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

- MELO, X. et al. Intima-media thickness in 11-13 years-old children: variation attributed to sedentary behavior, physical activity, cardiorespiratory fitness and waist circumference. **Journal of Physical Activity and Health**, jun. 2015.
- MILANO, G. E. et al. Atividade da butirilcolinesterase e fatores de risco cardiovascular em adolescentes obesos submetidos a um programa de exercícios físicos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 57, n. 7, p. 533–537, 2013.
- MILANOVIC, Z.; SPORIS, G.; WESTON, M. Effectiveness of high-intensity interval training (hit) and continuous endurance training for vo2max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. **Sports Medicine**, v. 45, n. 10, p. 1469-1481, oct. 2015.
- MIRANDA, J. M. Q. et al. Prevalência de sobrepeso e obesidade infantil em instituições de ensino: públicas vs. privadas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 2, mar/abr. 2015.
- MONGE-ROJAS, R. Serum lipids and lipoprotein levels in Costa Rican 13–18 year-old teenagers. **Archives Latinoamericano de Nutritión**, v.51, n.3, p.236-243, 2001.
- MONTEIRO, P. A. et al. Efeito de um protocolo de treinamento concorrente sobre fatores de risco para o acúmulo de gordura hepática de adolescentes obesos. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 46, n. 1, p. 17-23, 2013.
- MOSCA, P. R. F. et al. Obesidade e genética. **Revista do Hospital de Clínicas e da Faculdade de Medicina, Porto Alegre**, v.32, n. 3, p. 318-331, 2012.
- MOSER, D. C. et al. Pressão arterial elevada, excesso de peso e obesidade abdominal em crianças e adolescentes. **Revista de Educação Física/UEM**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 591-600, 2011.
- MOSER, D. C. et al. Indicadores antropométricos e pressão arterial em escolares. **Journal de Pediatria, Rio de Janeiro**, v. 89, n. 3, p. 243-249, 2013.
- MUNK, P. S. et al. High-intensity interval training may reduce in-stent restenosis following percutaneous coronary intervention with stent implantation: A randomized controlled trial evaluating the relationship to endothelial function and inflammation. **American Heart Journal**, v. 158, n. 5, p. 734-741, 2009.
- NAMBIAR, S.; HUGHES, I.; DAVIES, P. S. Developing waist-to-height ratio cut-offs to define overweight and obesity in children and adolescents. **Public Health Nutrition**, v. 13, n. 10, p. 1566–1574, 2010.
- NG, M. et al. Global, regional and national prevalence of overweight and obesity in children and adults 1980-2013: A systematic analysis. **Lancet**, v. 384, n. 9945, p. 766-781, aug. 2014.
- NICOLAI, J. P.; LUPIANI, J. H.; WOLF, A. J. An Integrative approach to obesity. In: Rakel D (ed). Integrative Medicine (3rd ed). W.B. **Saunders (Elsevier)**, Philadelphia, PA, p. 364-375, 2012.

OIKONEN, M. et al. Repeated blood pressure measurements in childhood in prediction of hypertension in adulthood. **Hypertension**, v. 67, p. 41-47, 2016.

OKORODUDU, D. E.; BOSWORTH, H. B.; CORSINO, L. Innovative interventions to promote behavioral change in overweight or obese individuals: a review of the literature. **Annals of Medicine**, v. 47, n. 3, p. 179-185, may. 2015.

OLIVEIRA, C. L.; FISBERG, M. Obesidade na infância e adolescência-uma verdadeira epidemia. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 47, n. 2, p. 107-108, abr. 2003.

OLIVEIRA, J. et al. Effect of BCHE single nucleotide polymorphisms on lipid metabolism markers in women. **Genetics and Molecular Biology**, Online Ahead of Print, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2016-0123>

OUCHI, N. et al. Adipokines in inflammation and metabolic disease. *Nature reviews. Immunology*, London, v. 11, n. 2, p. 85–97, 2011.

PAES, S. T.; MARINS, J. C. B.; ANDREAZZI, A. E. Efeitos metabólicos do exercício físico na obesidade infantil: uma visão atual. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 33, n. 1, p. 122-129, 2015.

PALMEIRA, A. C. et al. Lipoproteína (a) e fatores de risco cardiovascular em crianças e adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 31, n. 4, p. 531-537, 2013.

PARK, M. H. et al. The impact of childhood obesity on morbidity and mortality in adulthood: a systematic review. **Obesity Reviews**, v. 13, p. 985–1000, 2012.

PARK, M. H. et al. Adiposity and carotid-intima media thickness in children and adolescents: a systematic review. **BMC Pediatrics**, v. 15, n.161, p. 1-10, 2015.

PELEGRI, A. et al. Indicadores antropométricos de obesidade na predição de gordura corporal elevada em adolescentes. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 33, n. 1, p. 56-62, 2015.

PEREIRA, R. A relação entre dislipidemia e diabetes mellitus tipo 2. **Cadernos UniFOA**, n. 17, dez. 2011.

PETERSON, A. L.; MCBRIDE, P. E. A Review of Guidelines for Dyslipidemia in Children and Adolescents. **Wisconsin Medical Society**, v. 111, n. 6, p. 274-281, dec. 2012.

PICKERING, T. J. et al. Recommendations for Blood Pressure Measurement in Humans and Experimental Animals. **Circulation**, v. 8, feb. 2005.

PINHO, R. A. et al. Doença Arterial Coronariana, Exercício Físico e Estresse Oxidativo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 94, n. 4, p. 549-555, 2010.

PIRES, A. et al. Circulating endothelial progenitor cells in obese children and adolescents. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 91, n. 6, p. 560-566, 2015.

PIZZI, J. et al. Relação entre aterosclerose subclínica, pressão arterial e perfil lipídico em crianças e adolescentes obesos: uma revisão sistemática. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.57, n. 1, p. 1-6, 2013.

POETA, S. L. et al. Intervenção interdisciplinar na composição corporal e em testes de aptidão física de crianças obesas. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 14, n. 2, p. 134-143, 2013.

PYTEL, E. et al. Effect of intensive lipid-lowering therapies on cholinesterase activity in patients with coronary artery disease. **Pharmacological Reports**, v. 69, n. 1, p. 150-155, fev. 2017.

RACIL, G. et al. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 41, n. 1, p. 103-109, jan, 2016.

RADOVANOVIC, C. A. T. et al. Hipertensão arterial e outros fatores de risco associados às doenças cardiovasculares em adultos. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 22, n. 4, p. 547-553, jul/ago. 2014.

RAMOS, A. T. et al. Perfil lipídico em crianças e adolescentes com excesso de peso. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**, v. 21, n. 3, p. 780-788, 2011.

RAMOS-SEPÚLVEDA, J. A. et al. Physical fitness and anthropometric normative values among Colombian-Indian schoolchildren. **BMC Public Health**, v. 16, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12889-016-3652-2>>.

REAVEN, G.M. Banting Lecture 1988: role of insulin resistance in human disease. **Diabetes**, n. 37, p.1596-1607, 1988.

REILLY, J. J.; KELLY, J. Long-term impact of overweight and obesity in childhood and adolescence on morbidity and premature mortality in adulthood: systematic review. **International Journal of Obesity**, Londres, v. 35, n. 7, p. 891–898, 2011.

REUTER, C. P. et al. Dislipidemia associa-se com falta de aptidão e sobrepeso-obesidade em crianças e adolescentes. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 106, n. 3, p. 188-193, 2016.

RIBAS, S. A.; SILVA, L. C. S. Anthropometric indices; predictors of dyslipidemia in children and adolescents from north of Brazil. **Nutricion Hospitalaria**, v. 27, n. 4, p. 1228-1235, 2012.

RIVERA-SOTO; W. T.; RODRÍGUEZ-FIGUEROA, L. Is waist-to-height ratio a better obesity risk-factor indicator for puerto rican children than is bmi or waist circumference? **Porto Rico Health Sciences Journal**, v. 35, n. 1, mar. 2016.

RODRIGUES, A. N. et al. Valores de consumo máximo de oxigênio determinados pelo teste cardiopulmonar em adolescentes: uma proposta de classificação. **Jornal de Pediatria**, v. 82, n. 6, 2006.

RODRIGUEZ-COLON, S. M. et al. Metabolic syndrome clusters and the risk of incident stroke. **Stroke**, v. 40, p. 200-205, 2009.

ROMALDINI, C. C. et al. Fatores de risco para aterosclerose em crianças e adolescentes com história familiar de doença arterial coronariana prematura. **Journal of Pediatric**, v. 80, n. 2, 2004.

SAKUNO, T. et al. Avaliação ultrassonográfica da gordura visceral e subcutânea em crianças obesas. **Radiologia Brasileira**, v.47, n.3, p. 149-153, mai/jun. 2014.

SANTARPIA, L. et al. Butyrylcholinesterase as a prognostic marker: a review of the literature. **Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle**, v. 4, p. 31-39, 2013.

SANTOS, F. K. et al. Atividade física, IMC e risco metabólico em adolescentes portugueses. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 18, n. 1, p. 103-113, 2016.

SAVOYE, M. et al. Reversal of early abnormalities in glucose metabolism in obese youth: results of an intensive lifestyle randomized controlled trial. **Diabetes Care**, v. 37, feb. 2014.

SAYDAH, S. et al. Cardiometabolic risk factors among us adolescents and young adults and risk of early mortality. **Pediatrics**, v. 131, n. 3, mar. 2013.

SBC. Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz Brasileira de Prevenção da Aterosclerose na Infância e Adolescência. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 85, supl. 6, dez. 2005.

SBC. Sociedade Brasileira de Cardiologia. V Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 101, n. 4, supl. 1, out. 2013.

SELASSIE, M.; SINHA, A. C. The epidemiology and aetiology of obesity: A global challenge. Best Practice and Research. **Clinical Anaesthesiology**, v. 25, n. 1, p. 1-9, 2011.

SHINDE, A.; GANU, J.; NAIK, P. Effect of free radicals & antioxidants on oxidative stress: A Review Article. **Journal of Dental & Allied Sciences**, v. 1, n. 2, p. 63-66, 2012.

SILVA, I. M. W. et al. Effects of physical exercise on butyrylcholinesterase in obese adolescents. **Genetics and Molecular Biology**, v. 35, n. 4, p. 741-742, 2012.

SILVA, L. R. et al. Endothelial wall thickness, cardiorespiratory fitness and inflammatory markers in obese and non-obese adolescents. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 18, n. 1, p. 47-55, 2014.

SILVA, P. M. Metabolismo lipídico e diagnóstico das dislipidemias primárias. **Revista Fatores de Risco**, n. 38, p. 10-25, out/dez. 2015.

SLAUGHTER, M. H. et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology**, v. 60, n. 5, oct. 1988.

SPRUIJT-METZ, D. et al. Behavioral Contributions to the pathogenesis of type 2 diabetes. **Current Diabetes Reports**, v.14, n. 4, p. 1-16, apr. 2014.

STAIANO, A.; KATZMARZYK, P. T. Ethnic and sex differences in body fat and visceral and subcutaneous adiposity in children and adolescents. **International Journal of Obesity**, Londres, v. 36, n. 10, p. 1261–1269, 2012.

STEFFEL, J.; LUSCHER, T. Predicting the development of atherosclerosis. **Circulation**, v. 119, p. 919-921, 2009.

STONER, L. et al. Efficacy of exercise intervention for weight loss in overweight and obese adolescents: meta-analysis and implications. **Sports Medicine**, v. 46, n. 11, p. 1737–1751, 2 nov. 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27139723>>.

SULZGRUBER, P. et al. Butyrylcholinesterase predicts cardiac mortality in young patients with acute coronary syndrome. **Plos One**, v. 1, may. 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0123948.

SUN, L. et al. Low serum-butyrylcholinesterase activity as a prognostic marker of mortality associates with poor cardiac function in acute myocardial infarction. **Clinical Laboratory**, v. 62, n. 6, p. 1093-1099, 2016.

TALANIAN, J. L. et al. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. **Journal of Applied Physiology**, v. 102, p. 1439–1447, 2007.

THIJSSSEN, D. H. J.; CABLE, N. T.; GREEN, D. J. Impact of exercise training on arterial wall thickness in humans. **Clinical Science** (London, England : 1979), v. 122, n. 7, p. 311–22, 2012. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3233305&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>>.

TJONNA, A. E. et al. Aerobic interval training *versus* continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. **Circulation**, v. 118, p. 346–354, 2008.

TJONNA, A. E. et al. Aerobic interval training reduces cardiovascular risk factors more than a multitreatment approach in overweight adolescents. **Clinical Science**, v. 116, p. 317–326, 2009.

TODENDI, P. F. et al. Metabolic risk in schoolchildren is associated with low levels of cardiorespiratory fitness, obesity, and parents' nutritional profile. **Journal of Pediatric**, Rio de Janeiro, v.92, n.4, p. 388-393, 2016.

US Preventive Services Task Force. Screening for Lipid Disorders in Children and Adolescents US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. **JAMA**, v. 316, n. 6, aug. 2016.

VALLE, A. et al. Butyrylcholinesterase: Association with the metabolic syndrome and identification of 2 gene loci affecting activity. **Clinical Chemistry**, v. 52, n. 6, p. 1014–1020, 2006.

VALLIANOU, N. G. et al. Association of butyrylcholinesterase with cardiometabolic risk factors among apparently healthy adults. **Journal of Cardiovascular Medicine**, v. 15, n. 5, p. 377-383, 2014.

VERÇOZA, A. M. et al. Cardiovascular risk factors and carotid intima-media thickness in asymptomatic children. **Pediatric Cardiology**, v. 30, p. 1055-1060, 2009.

VITOR, A. D.; ALVAREZ, T. S. Relação entre ocorrência de síndrome metabólica e alimentação inadequada em adultos: uma breve revisão de literatura. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 29, n. 1, p. 81-85, 2014.

ZHU, Y. et al. Body mass index is better than other anthropometric indices for identifying dyslipidemia in Chinese children with obesity. **Plos One**, v. 10, mar. 2016.

WARD, S. A. et al. Relationship between eating behaviors and physical activity of preschoolers and their peers: a systematic review. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 13, n. 50, 2016.

WEISS, R. et al. Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. **The New England Journal of Medicine**, v. 350, n. 23, jun. 2004.

WELZ, A. et al. Função cardiovascular de crianças obesas e eutróficas de 9 a 12 anos. **Revista de Educação Física/UEM**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 535-543, 3. trim. 2010

WESTON, K. S.; WISLØF, U.; COOMBES, J. S. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Sports Medicine**, p. 1-9, 2013.

WHO. **World Health Organization**. [Accessed November 17, 2016] Obesity and overweight fact sheet No.311. 2010.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/index.html>

APÊNDICES

APÊNDICE 1- CONVITE.....	99
APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO.....	100

APÊNDICE 1

**UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR**

Reconhecida pela portaria – MEC Nº 1580, de 09/11/93 – D.O.U. 10/11/93

MANTEDORA: ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE ENSINO E CULTURA - APEC

**CAMPUS – FRANCISCO BELTRÃO****CONVITE**

PROJETO DE PESQUISA: Efeito do exercício físico intervalado nos fatores de risco cardiovasculares de crianças e adolescentes obesos

Profª responsável: Juliana Pizzi

Curso de Educação Física

Gostaria de convidá-los para participar deste projeto. Os pré-requisitos para se inscrever são:

- De 8 à 18 anos de idade;
- Estar acima do peso corporal desejado;
- Ter o período da tarde livre para participar do Projeto;

As Inscrições serão:

- 02 de junho à 06 de junho e 09 de junho à 11 de junho;
- Das 14:00 às 17:00;
- No Ginásio Poliesportivo da Unipar;
- Não tem custo nenhum para os inscritos;

Desde já agradeço

Profª Juliana Pizzi
(46)8803-3799

APÊNDICE 2

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)

Nome da Pesquisa: EFEITO DO TREINAMENTO INTERVALADO NOS FATORES DE RISCO CARDIOVASCULARES E GENÉTICOS DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES OBESOS.

Pesquisadora: Juliana Pizzi

Você está sendo convidado (a) para participar de um projeto de pesquisa. Este termo de consentimento livre e esclarecido tem informações para ajudá-lo a decidir se irá permitir que seu filho (a) participe deste estudo.

O objetivo deste estudo é investigar o efeito de 12 semanas de treinamento intervalado sobre os fatores de risco cardiovasculares e atividade do gene BChE em crianças e adolescentes obesos de 8 à 18 anos de idade do município de Francisco Beltrão/PR.

Caso o (a) seu (sua) filho (a) participe da pesquisa, serão necessários fazer as seguintes avaliações por professores e acadêmicos de educação física: peso corporal, estatura, circunferência abdominal, dobras cutâneas e impedância bioelétrica, medidas de pressão arterial por acadêmicas de enfermagem, frequência cardíaca em repouso e em esforço físico através de um teste de corrida, coletas de sangue para análise do colesterol total, HDL-C, LDL-C, triglicerídeos, glicemia, insulina e atividade enzimática da butirilcolinesterase (enzima relacionada ao metabolismo do lipídeos) por profissionais biomédicos. Após a coleta de sangue haverá um lanche oferecido pelo projeto.

Serão necessários também que o (a) participante do projeto responda aos seguintes questionários: sobre o nível de atividade física, o estado biopsicossocial (imagem corporal e auto-afirmação pessoal) aplicados por acadêmicos de educação física treinados e hábitos alimentares por uma acadêmica de nutrição.

Todas essas avaliações serão realizadas nas dependências da Universidade Paranaense (Laboratório de Análises Clínicas e no Ginásio Poliesportivo).

A medida da espessura da artéria carótida direita que se localiza no pescoço, a avaliação da maturação sexual que são em forma de figuras e a consulta atestando boas condições para participar do projeto será feita por um médico habilitado e contratado pela pesquisadora responsável do projeto. Com os exames de sangue em mãos, cabe ao médico avaliar se a criança ou adolescente poderá participar do projeto, caso não esteja apto fisicamente, será orientado a procurar um tratamento especializado. O exames de sangue serão entregues para os seus respectivos donos ao final da consulta.

O projeto será composto de três avaliações, sendo a 1ª avaliação em julho de 2014, 2ª avaliação em setembro de 2014 (formação do grupo controle transcorridas dez à 12 semanas de observações somente das possíveis alterações naturais dos participantes) com a entrega de resultado individual e sigiloso para os responsáveis com análises comparativas de um período de 12 semanas sem a intervenção do treinamento intervalado e a 3ª avaliação em novembro de 2014, após 12 semanas de aplicação do treinamento intervalado, com entrega de resultados individuais e sigilosos com as possíveis mudanças benéficas esperadas com a prática de um exercício físico orientado.

Como em qualquer participação em avaliações, exames e esforços físicos seu filho (a) poderá experimentar alguns riscos e desconfortos previsíveis, principalmente durante a coleta sanguínea, dores musculares, articulares e cansaço físico após o teste de esforço físico.

A participação de seu filho (a) é voluntária. Você tem a liberdade de recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento.

As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos médicos que executam a pesquisa e pelas autoridades legais, no entanto, se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a confidencialidade seja mantida.

Todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa **não** são da responsabilidade do paciente ou do seu responsável.

Pela participação do seu filho (a) no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro.

O uso dos dados será de única e exclusiva utilização para execução do presente projeto e da Tese de Doutorado da pesquisadora responsável e, posteriormente os dados serão categorizados para futuras publicações em revistas científicas da área, porém de forma anônima.

Acredita-se que o exercício intervalado irá reduzir a espessura médio-intimal, a atividade da BChE e a obesidade desses indivíduos, podendo então ser utilizado efetivamente no tratamento multidisciplinar e na prevenção de fatores de riscos cardiovasculares como a circunferência abdominal maior, a pressão arterial elevada, níveis sanguíneos alterados e condição cardiorrespiratória fraca. Além de melhorar aspectos metabólicos, composição corporal e de aptidão física relacionada à saúde, após o estudo, espera-se ainda que diminua o número de crianças e adolescentes com hábitos sedentários e, isto seja levado para a vida adulta.

Eu, _____ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo de estudo no qual meu filho (a) _____ foi convidado (a) a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Entendi que sou livre para interromper a sua participação no estudo a qualquer momento sem justificar a minha decisão e sem que esta decisão afete o seu tratamento com o seu médico. Eu entendi que não posso fazer durante o estudo e sei que qualquer problema relacionado ao tratamento será tratado sem custos para mim ou para o meu filho (a). Eu concordo voluntariamente do (a) meu (minha) filho (a) em participar deste estudo.

Assinatura do responsável: _____ / ____ / ____

Eu, **JULIANA PIZZI**, declaro por meio deste que forneci todas as informações referentes ao estudo ao participante e/ou responsável.

Endereço da pesquisadora: Rua Videira, 67 – Bairro São Cristovão – Francisco Beltrão/PR

E-mail: jupizzi@unipar.br

Telefone: (46)8803-3799

RG: 6.566.919-6 – SSPPR

Endereço do local onde acontecerá a pesquisa: UNIPAR

Rua Júlio Assis Cavalheiro, 2000 – Bairro Industrial – Francisco Beltrão/PR

Fone: (46)3520-2800

Assinatura do pesquisador: _____ / ____ / ____

ANEXO

ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTACIADO DO COMITÊ DE ÉTICA.	103
---	-----

UNIVERSIDADE PARANAENSE
- UNIPAR



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito do treinamento intervalado nos fatores de risco cardiovasculares e genéticos de crianças e adolescentes obesos.

Pesquisador: Juliana Pizzi

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 30214914.6.0000.0109

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: ASSOCIACAO PARANAENSE DE ENSINO E CULTURA

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 720.016

Data da Relatoria: 16/07/2014

Apresentação do Projeto:

Sessenta crianças e adolescentes de escola públicas e particulares de Francisco Beltrão serão convidados a participar de um programa de exercícios físicos com duração de 12 semanas. O estudo tem o objetivo de investigar o efeito de 12 semanas de treinamento intervalado sobre os fatores de risco cardiovasculares e atividade da enzima plasmática BChE em crianças e adolescentes obesos de 8 à 18 anos de idade do município de Francisco Beltrão/PR. Avaliações antropométricas e clínicas, sendo circunferência abdominal, estatura, percentual de gordura, frequência cardíaca, pressão arterial, maturação biológica pela avaliação do estágio puberal e será realizada por médico, baseada no estadiamento proposto por Tanner (1986). O consumo máximo de oxigênio (VO₂max) será avaliado utilizando analisador de gases portátil em esteira ergométrica. Para medida indireta será utilizado o teste de campo de SHUTTLE-RUN 20 m que será realizado no complexo esportivo da UNIPAR/FB. As análises laboratoriais serão realização de hemograma e dosagens de glicose, insulina, colesterol total (CT), lipoproteína de alta densidade (HDL-C), lipoproteína de baixa ANÁLISE PLASMÁTICA BChE - quantificar a atividade enzimática da BChE (butirilcolinesterase humana). As análises serão transportadas até o Laboratório de Genética e Polimorfismos da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e posteriormente analisadas pela própria pesquisadora deste projeto, tendo em vista que a mesma tem livre acesso e permissão para

Endereço: Praça Mascarenhas de Moraes, 8482

Bairro: Umuarama

CEP: 87.502-210

UF: PR

Município: UMUARAMA

Telefone: 4436-2128

Fax: 4436-2128

E-mail: cepeh@unipar.br

UNIVERSIDADE PARANAENSE - UNIPAR



Continuação do Parecer: 720.016

utilização do referido laboratório. **ULTRASSONOGRRAFIA** - Será utilizado o aparelho de ultrassom portátil, a espessura médio-intimal (EMI) será realizada na carótida comum (1-2 cm proximal à bifurcação carotídea) bilateralmente, na parede posterior do vaso. O procedimento será executado por um técnico em radiologia. O programa de treinamento intervalado será realizado em 12 semanas de exercícios de potência aeróbica, praticados três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira).

AValiação NUTRICIONAL - Serão realizadas avaliações nutricionais nas crianças e adolescentes obesos durante as três etapas do programa por acadêmicas do curso de Nutrição da UNIPAR e objetivará o controle das dietas dos participantes por meio de registro alimentar de 24 horas em dois dias não consecutivos. Para avaliação da imagem corporal e qualidades psicométricas será utilizada uma escala de silhuetas para crianças e adolescentes brasileiros.

Objetivo da Pesquisa:

Verificar as modificações sobre as medidas antropométricas e composição corporal de crianças e adolescentes obesos após 12 semanas de treinamento intervalado;

Analisar as alterações sobre a aptidão cardiorrespiratória e pressão arterial, em crianças e adolescentes obesos, antes e após 12 semanas de treinamento intervalado;

Avaliar as mudanças sobre as variáveis do perfil lipídico, glicemia e insulinemia após 12 semanas de treinamento intervalado em crianças e adolescentes obesos;

Verificar a correlação entre a atividade da butirilcolinesterase humana (BChE) e espessura médio-intimal (EMI) de artéria carótida com perfil lipídico, glicemia, insulinemia e pressão arterial em crianças e adolescentes obesos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os indivíduos selecionados serão previamente avaliados por uma equipe composta de um médico clínico-geral, nutricionista, enfermeiro e professor de educação física.

A consulta médica acontecerá com os exames de sangue prontos, onde o médico estará mais seguro de atestar condições positivas para o indivíduo participar do treinamento físico intervalado. Os exames de sangue serão entregues aos responsáveis que acompanharão a criança e/ou o adolescente na consulta. Ocorrerá um encaminhamento para um especialista, por parte do médico, se o próprio não estiver convencido do estado de saúde do indivíduo. Somente após esclarecimentos do especialista, esse indivíduo poderá continuar a sua participação na pesquisa.

Os pais ou responsáveis assumem o compromisso de dar continuidade as consultas e exames

Endereço: Praça Mascarenhas de Moraes, 8482

Bairro: Umuarama

CEP: 87.502-210

UF: PR

Município: UMUARAMA

Telefone: 4436-2128

Fax: 4436-2128

E-mail: cepeh@unipar.br

UNIVERSIDADE PARANAENSE - UNIPAR



Continuação do Parecer: 720.016

após este primeiro contato.

A seleção será por livre escolha daqueles que se auto considerarem com peso acima do desejado.

Além de melhorar aspectos metabólicos, composição corporal e de aptidão física relacionada à saúde, espera-se ainda que diminua o número de crianças e adolescentes com hábitos sedentários ao final da intervenção.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Após as adequações o projeto se encontra dentro dos parâmetros éticos para seu desenvolvimento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

TCLE - Este documento contém as informações para o bom entendimento e anuência dos participantes da pesquisa, devendo ser elaborado em duas vias, sendo uma retida pelo sujeito da pesquisa e a outra arquivada pelo pesquisador.

DECLARAÇÃO DE PERMISSÃO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS - Este documento se apresenta de forma satisfatória com a autorização pelo responsável do local (Instituição) onde a pesquisa será realizada.

Recomendações:

Salientamos que os procedimentos devem assegurar a confidencialidade, a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou comunidade, inclusive em termos de autoestima, de prestígio econômico e/ou financeiro.

Salientamos a entrega de uma cópia dos laudos dos exames para os responsáveis.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Prezado pesquisador, vosso projeto foi aprovado sem restrições.

De acordo com o Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012:

O termo de consentimento livre esclarecido deve ser elaborado em duas vias, sendo uma retida pelo sujeito da pesquisa, ou por seu representante legal, e uma arquivada pelo pesquisador.

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Praça Mascarenhas de Moraes, 8482

Bairro: Umuarama

CEP: 87.502-210

UF: PR

Município: UMUARAMA

Telefone: 4436-2128

Fax: 4436-2128

E-mail: cepeh@unipar.br

UNIVERSIDADE PARANAENSE
- UNIPAR



Continuação do Parecer: 720.016

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

UMUARAMA, 16 de Julho de 2014

Assinado por:

Nelton Anderson Bespalez Corrêa
(Coordenador)